RIVISTA MILITARE

FINMECCANICA

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica

FLAVIO RUSSO - FERRUCCIO RUSSO

Flavio Russo - Ferruccio Russo

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare
nell'evoluzione tecnologica

- ETÀ MEDIEVALE -

RIVISTA MILITARE

ROMA 2010

Questo volume è stato realizzato dalla Rivista Militare.
Ne sono Autori: per la parte relativa al testo ed alle ricerche storiche Flavio Russo; per la parte relativa al progetto grafico, alle ricostruzioni virtuali e all'apparato iconografico, in generale, Ferruccio Russo.
Le illustrazioni ed i disegni, quando non diversamente precisato nelle referenze iconografiche, sono degli Autori o della Rivista Militare.

Hanno collaborato:

Coordinamento editoriale:
Luigino Cerbo

Revisione testi:
Annarita Laurenzi, Marcello Ciriminna

Progetto e elaborazione grafica:
Ferruccio Russo

RIVISTA MILITARE

Direttore Responsabile:
Marco Ciampini

© 2010
Proprietà letteraria artistica e scientifica riservata

Indice

Presentazione 3
Prefazione archeologica 4
Prefazione tecnica 5

Introduzione 9

Gli estremi cronologici del Medioevo 16
Osservazioni tecnico-militari 21
L'inizio del Medioevo 23
Castelli e cavalieri 25
La fine del Medioevo 26

De Arte Fabrili 28

Militaria mirabilia: la mina 29
Parte Prima: Le mine, le miniere, il ferro e le armi 31
- *Mine implosive e mine esplosive* 31
- *Mine e contromine* 33
- *I geofoni* 34
- *I fumogeni* 37
- *La mina esplosiva* 38
- *Miniere e ferro* 39
- *Rotaie e ruote* 42
- *Miniere di ferro in Italia* 43
- *La produzione del ferro* 46
- *Gli esoscheletri d'acciaio: le armature* 47
- *Origine degli stemmi araldici* 50
- *La cintura di castità* 51
- *La balestra con arco d'acciaio* 54

De Arte Carpentaria 60

Militaria mirabilia: il baloardo 61
Parte Seconda: Dal tetrapirgos al forte a quattro bastioni 63
- *La difesa delegata: la fortificazione civile* 63
- *Il castello federiciano* 70
- *Il comfort dei castelli federiciani* 75
- *Il primo campo di concentramento etnico* 77
- *L'architettura di transizione* 79
- *Le mura inutili* 82
- *La trace italienne* 86
- *Dalle troniere alle pizzerie* 91

De Arte Sartoriae 92

Militaria mirabilia: il paracadute 93
Parte Terza: Produzione di fibbre e filatura 95
Le fibbre per la tessitura 95
La lana 97
Il lino 98
Il cotone 100
La seta 101
Fustagno, denim e blu di Genova 102
L'arte della lana a Firenze 104
L'arte della seta a Firenze 105
La via della seta 107
La via della lana: la transumanza, prima industria del Mezzogiorno 110
Il bottone 122

De Arte Agricolae 124

Militaria mirabilia: la granata 125
Parte Quarta: Agricoltura, boschi e nuove piante 127
Un deserto verdeggiante 127
Un universo di legno 128
La sega idraulica per legname 131
I rendimenti della terra 132
I nuovi aratri a ruote 133
Carestie ed epidemie 134
Le seminatrici automatiche 135
La scuola medica salernitana 135
La distillazione: alcool e profumo 137
La macchina per la guerra biologica 138
Gli apporti botanici di una conquista 146
Il mais 147
La patata 148
Il cacao 148
La vaniglia 149
Il pomodoro 150
Il peperone 151
Il fagiolo 152
L'arachide 152
Il tabacco 153
La coca 154
La china 154
Il caucciù 155

De Arte Mercimoniae 156

Militaria mirabilia: cifrari e chiavi 157
Parte Quinta: Commerci, mezzi di trasporto ed invenzioni 159
La frammentazione delle strade romane 159
I carri da trasporto medievali 164
Collare di spalla 168
La ferratura dei cavalli 170
La staffa 173
I carri semoventi 175
La teleferiche 181
La stampa 188

Gli occhiali e i cannocchiali 192
La lanterna magica 195

De Arte Nautarum 196

Militaria mirabilia: Il calamo 197
Parte Sesta: Navi, strumenti nautici ed attrezzature subacquee 199
Le prigioni di legno: galere da guerra e da commercio 199
Le crociate e gli usceri 204
La navigazione d'altura ed i suoi strumenti 204
La clessidra 205
Il solcometro 206
L'astrolabio navale 207
La bussola 208
L'orologio meccanico 217
Venti secoli sotto i mari 222
Lo snorkel 223
La campana subacquea 225

De Arte Militiae 228

Militaria mirabilia: La polvere del Diavolo 229
Parte Settima: Artiglierie, razzi e pirofori 231
Il fuoco greco: il debutto della benzina 231
Il cannone a vapore 235
Tormenta tonante 240
I cannoni alla francese 251
L'acciarino a ruota 253
I razzi 256

Indice degli autori 265

Presentazione

Cari Lettori,

ho accettato con sincero orgoglio la proposta di presentare il secondo volume della serie Technè riferito, questa volta, all'età medievale e che costituisce la continuazione di quel filone culturale che vede al centro delle innovazioni tecnologiche le "invenzioni" nate attraverso il continuo processo di miglioramento "dell'arte della guerra".

Rivista Militare, si pone, ancora una volta, come punto di riferimento per la divulgazione ed il rilancio culturale della Forza Armata voluto dallo Stato Maggiore dell'Esercito.

Prima di lasciarvi alla lettura di queste interessantissime pagine, vorrei sottoporre alla Vostra attenzione alcune riflessioni sul periodo storico che questa singolare opera prende in considerazione.

Intorno al Mille dopo Cristo hanno inizio una serie di cambiamenti che trasformano la civiltà occidentale, da mediterranea che era durante il periodo dell'antichità, in civiltà compiutamente europea. Il primo e più evidente di questi cambiamenti è l'espansione demografica della popolazione europea. Il fenomeno si è accompagnato a tutta una serie di manifestazioni sociali, politiche, economiche di lunga durata che hanno cambiato definitivamente il volto della civiltà occidentale. Le cause che hanno innescato o almeno favorito questo mutamento epocale sono molteplici e di vario tipo. Un ruolo di primo piano è stato certamente svolto dalla tecnologia, sia pure arretrata e incerta come quella del X-XI secolo. L'introduzione dell'aratro a versoio, l'invenzione di un nuovo tipo di collare da tiro per i cavalli e i bovini, la pratica di una diversa ripartizione delle coltivazioni in uno stesso campo sono solo alcuni degli eventi che si verificano in questo periodo, e vengono indicati da tutti gli storici tra le condizioni essenziali per poter generare quel surplus nella produzione alimentare, da cui sarebbe partita da un lato la crescita demografica e dall'altro la rinascita delle città, vero motore della nuova Europa in quanto centro e acceleratore di scambi commerciali e culturali. Queste poche invenzioni però, insieme a qualche altra (come il mulino, o la bussola) non sarebbero state sufficienti da sole a modificare il corso della storia senza l'apporto di fattori più profondi. Cosa cambia tra il periodo dell'antichità classica e quello medievale? Con la rinascita del Mille comincia a svilupparsi un atteggiamento di dominio nei confronti della natura, che va controllata, plasmata, sottoposta ai progetti e alle intenzioni dell'uomo. Uno dei segni più precoci e interessanti di questo lungo processo di trasformazione dell'atteggiamento complessivo nei confronti della natura è il cambiamento, inizialmente confuso e inconsapevole, del modo di concepire lo spazio e il tempo. L'invenzione dell'orologio meccanico e l'introduzione della carta nautica piana furono gli strumenti con i quali questo dominio del tempo e dello spazio diventò possibile.

Ora, senza addentraci in discorsi puramente filosofici (andrebbe considerato l'aspetto religioso che ebbe notevole influenza nel periodo medievale), all'interno del libro si trovano spunti e ricerche di altissimo livello che sono state affidate all'eminente penna del Professor Flavio Russo, che in questa peculiare disciplina rappresenta uno dei massimi esperti nel nostro Paese. Cari Lettori, questa nuova opera editoriale sta a testimoniare che oggi più che mai occorre attivare processi di comunicazione interna ed esterna alla Forza Armata soprattutto attraverso la promozione culturale. La cultura è, e dovrà sempre essere, a mio modo di vedere, una rappresentazione di noi stessi e di ciò che tratteggiamo. Comunicare la cultura è il modo più efficace per rendere sempre più trasparente la nostra Istituzione e far conoscere, anche a chi non vi appartiene, il grande patrimonio di valori morali e materiali di cui noi tutti siamo portatori e custodi gelosi.

Buona lettura.

IL CAPO DI STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO
Generale di Corpo d'Armata Giuseppe VALOTTO

Prefazione tecnica

Devo iniziare questa prefazione dicendo, chiaramente e sinceramente, che sono onorato e felice che, mi sia stato chiesto di scriverla. Onorato perchè stimo molto l'Autore del testo e considero i risultati delle sue ricerche molto interessanti e molto validi da un punto di vista sia tecnico-scientifico sia culturale nel senso più ampio del termine. Felice perchè, da tempo, sono amico di Flavio Russo e dunque mi rallegro molto del poter scrivere queste brevi note sull'ultimo prodotto dei suoi studi e dei suoi pensieri. Non credo di uscire fuori tema se, nel parlare di questa ricerca, spendo qualche parola sul suo Autore, sul come l'ho conosciuto ed apprezzato e sul perchè continuiamo a frequentarci.

Ho conosciuto l'ing. Russo, Flavio per me, perchè ho anche io lo stesso interesse o per dir meglio "amore" per la Storia dell'Ingegneria. Dal conoscerci allo stimarci il tempo è stato molto breve ed ancora più breve è stato il tempo necessario a diventare amici. Alcune differenze di "metodo" o di "impostazione" che a volte ci fanno... "indulgere in intensi confronti dialettici", per usare una terminologia corretta, vale a dire: litigare usando colorite espressioni goliardiche, da bravi ingegneri, ma, malgrado questo, l'Autore del testo ed io condividiamo la "insana passione" del voler indagare ed esplorare l'ingegno degli ingegneri (il gioco di parole non è casuale) che ci hanno preceduto e lo facciamo nell'unico modo possibile, e cioè attraverso le realizzazioni ed i progetti che essi ci hanno lasciato. Così, da anni, comunichiamo frequentemente per telefono o per posta elettronica o più raramente da vicino e conversiamo "a ruota libera" delle ultime cose che ciascuno di noi ha studiato o creduto di capire recentemente e, per inciso, sottraiamo tempo alle nostre pazienti consorti. Devo dire con chiarezza che raramente mi capita di avere conversazioni altrettanto piacevoli e proficue; una prova di quanto ho appena detto sta nel fatto che, quasi senza accorgercene, da queste conversazioni spesso nasce un'idea per qualche pubblicazione scientifica che, molto spesso, viene accettata da qualche Congresso Internazionale o da qualche prestigiosa Rivista Internazionale.

Può sembrare che parlando di storia dell'ingegneria stia travisando l'argomento del volume che segue, ma, in realtà, come l'Autore del testo dimostrerà dettagliatamente, tra la storia dell'evoluzione tecnologica, cioè dell'ingegneria, e quella militare esiste uno strettissimo rapporto, al punto che fin quasi al secolo scorso furono la medesima cosa. Non a caso i politecnici furono le prime facoltà d'ingegneria create da Napoleone per le necessità dell'Esercito, e genieri sono appunto gli ingegneri.

A questo proposito il libro mostra chiaramente che queste esigenze tecniche, nella maggior parte dei casi, sono nate (2000 anni fa come oggi) sui campi di battaglia. Dunque una gran parte del progresso nel campo tecnico è dovuto alla necessità di rispondere ad esigenze militari, e questo a partire dai tempi più antichi fino ai giorni nostri. Innumerevoli sono gli esempi di quanto appena detto e questo libro, di esempi, ne presenta moltissimi. Questa tradizione di un "travaso" fra il mondo militare e quello tecnico-scientifico è continuata fino ai giorni nostri. Mi piace ricordare, a questo proposito, il prof. ing. Pericle Ferretti (1888-1960), che ha insegnato la mia stessa disciplina (Meccanica Applicata alle Macchine) nello stesso Ateneo (Napoli – "Federico II") e che proveniva dal Genio Navale della Regia Marina dal quale si congedò con il grado di Colonnello. È poco noto che questo scienziato italiano, fondatore dell'Istituto Motori del CNR, svolse importanti studi sulle oscillazioni torsionali degli alberi di trasmissione, rivelatisi basilari per la progettazione delle linee di assi dei mezzi subacquei nonché delle autoblindo; l'allora maggiore Ferretti va poi ricordato per essere l'inventore dello Snorkel, cioè di quel dispositivo che consentì di utilizzare i motori Diesel nei sommergibili immersi a bassa quota, adottato oggi soprattutto sui carri armati e sui fuoristrada, la cui invenzione è stata erroneamente attribuita a volte agli olandesi ed a volte ai tedeschi. A volte nel trasferimento di tecnologia militare al campo civile, gli strumenti mutano tanto radicalmente che la loro origine risulta

difficilmente riconoscibile. Un esempio significativo è l'*ecografo*; questo strumento che oggi permette diagnosi in campo medico rapide ed efficacissime e dunque consente di migliorare ed allungare la nostra vita, deriva, come è noto, dal *sonar,* che fu sviluppato per la ricerca dei sommergibili in immersione.

In pratica, pertanto, per la tecnologia militare e civile si potrebbe parlare motivatamente di due stati allotropici di un'unica evoluzione, per cui il mio divagare sulla storia dell'ingegneria è perfettamente coerente con l'argomento del volume e con la evoluzione della tecnologia, militare per antonomasia sin quasi ai giorni nostri. Ma vi è ancora un altro aspetto che unisce e salda le due branche, e soprattutto quella di mia competenza, la Meccanica.

Nel greco arcaico il termine *méchanè* non indicava ancora la disciplina in grado di descrivere il funzionamento dei congegni, ovvero la meccanica, significato che acquisirà molti secoli dopo e da cui deriverà anche il vocabolo macchina. Per strano che possa sembrare *méchané* designava un'astuzia, uno stratagemma, una procedura più o meno insidiosa nella quale, per attingere il successo in guerra, ci si avvaleva di strumenti idonei o li si costruiva appositamente. *Méchané* fu perciò il termine impiegato da Omero per indicare il famoso Cavallo di Troia, che i Romani a loro volta definirono *macchina*, forse la prima del genere nella pienezza del senso, per quanto ne sappiamo. Del resto un'estrema ma significativa traccia di quella remota valenza la ravvisiamo pure nella odierna voce verbale *macchinare*, in cui permane il senso di tramare, di ordire, di ingannare avvalendosi di complicate procedure. Col tempo, però, il significato di *méchané* si trasferì dall'insidia allo strumento, assumendo per antonomasia l'accezione di congegno elaborato in grado, però, di risolvere difficoltà pratiche non altrimenti superabili.

Come è facile immaginare ogni popolo elaborò così, secondo le proprie competenze, esigenze e risorse, delle invenzioni per scopi bellici. Tali archetipi genericamente definiti armi collettive, strumenti guerreschi o semplicemente macchine, dopo un utilizzo militare più o meno duraturo, diedero origine a innumerevoli filiazioni, macchine anch'esse destinate però ad alleviare la brutalità della fatica, ad incrementare la produzione o a migliorare la qualità dei manufatti. In breve, a migliorare le condizioni esistenziali, processo, in ultima analisi, tutt'oggi in corso. Forse fu questa la ragione per cui l'epopea di Alessandro Magno assunse le caratteristiche di una rivoluzione culturale epocale. Scontri e battaglie lungo una direttrice che attraversava tre continenti svelarono, agli studiosi al seguito del Macedone, un vasto repertorio delle più avanzate nozioni fino ad allora maturate. L'inusitato balzo scientifico esploso all'indomani della sua scomparsa, meglio noto come ellenismo, ne costituisce la tangibile conferma: incubatrice dell'evento la celebre Biblioteca di Alessandria. Da essa usciranno oltre a mitici scienziati quali Archimede, che contrasterà strenuamente le legioni romane a Siracusa, anche tecnici di rinomata competenza quali Erone che finirà, invece, nel loro ambiente come ingegnere.

Il livello tecnologico dell'esercito romano si innalzò vistosamente determinando una ricaduta sulla coeva società di vastissima portata e consequenzialità. In concreto, infatti, sebbene scarsamente noto, fu proprio l'istituzione militare romana a diffondere in maniera capillare le risorse tecniche più avanzate. Le amministrazioni urbane erano solite chiedere ai geometri delle legioni i progetti degli acquedotti. Come pure non di rado si rivolgevano agli ospedali militari per esigenze sanitarie. Ma ciò che più conta erano le officine delle legioni che garantivano la produzione tecnologica di ogni genere necessario alla vita quotidiana ed alla guerra, dalle macchine d'assedio alle artiglierie, dalle tegole alle chiavi d'arresto delle abitazioni. In molti casi quei remoti congegni, senza apprezzabili modifiche formali o materiali, sono ancora presenti nel nostro mondo più evoluto, spesso riapparsi dopo una quiescenza ultramillenaria.

Chiusa questa doverosa parentesi, mi piace ricordare che oltre a Flavio, nel corso dei miei studi, ho conosciuto molti altri studiosi che, provenendo da diversi settori dell'Ingegneria, si interessano di questi argomenti; io stesso normalmente svolgo ricerche su un argomento "di frontiera", quale la Meccanica dei Robot ma studio con altrettanto impegno le invenzioni del passato, ed è infine da ricordare che in moltissime e prestigiose Università degli USA esistono Corsi e Cattedre di Storia dell'Ingegneria. Dunque la materia di questo libro non rappresenta il risultato degli studi di pochi appassionati ma costituisce l'argomento di ricerche che riscuotono notevole interesse presso la Comunità Scientifica Internazionale. È lecito chiedersi, allora, perché in un mondo sempre più proiettato nel futuro ci sia tanto interesse per gli studi sulla Storia dell'Ingegneria. Cosa spinge dunque tanti studiosi che normalmente provengono dai più disparati campi dell'Ingegneria, e non solo, a studiare le realizzazioni dei loro colleghi del lontano passato? Io credo che una spiegazione di questo possa essere individuata in un fatto apparentemente banale: pochi mesi fa, Flavio

ed io scoprimmo, quasi per caso, che un libro che abbiamo scritto insieme su questi argomenti era stato presentato da alcune importanti biblioteche negli USA come libro di Archeologia ed Antropologia. Sulle prime ci meravigliammo: siamo entrambi ingegneri con una forte passione per l'Archeologia ma certamente non pensavamo di aver alcun titolo ad occuparci di una Disciplina sulla quale non abbiamo compiuto alcuno studio quale l'Antropologia. Eppure, a ben pensarci, i responsabili di quelle Biblioteche avevano probabilmente colto una delle "essenze" del nostro lavoro: l'aspetto legato all'uomo, *o àntropos*, appunto. La storia delle invenzioni è quindi uno dei modi di cogliere il percorso dell'ingegno umano in generale ed in particolare di tutti coloro che, in modo spesso anonimo, hanno dato un contributo all'evoluzione culturale (in senso lato) della nostra specie. Esiste infatti una interminabile sequenza di artigiani-ingegneri-scienziati, i cui nomi spesso sono andati perduti, che hanno dedicato la loro vita a perfezionare un particolare o a realizzare una geniale intuizione o, ancora, ad inseguire un sogno. Questi hanno realizzato le loro opere senza scoraggiarsi per le numerose sconfitte e senza inorgoglirsi troppo per le poche vittorie ma facendo tesoro delle une e delle altre, sorretti e spinti molto più dalla passione che dalla speranza di guadagno. A questi uomini, i protagonisti della Storia dell'Ingegneria, dobbiamo molto più che la comoda realtà nella quale viviamo, ad essi dobbiamo "l'essenza" stessa di uomini di oggi.

Dunque gli argomenti di questo libro sono certamente d'interesse per tutti o, almeno, per tutti coloro che subiscono il fascino del "voler capire" in senso lato. In questa ottica l'Autore del testo non ha inteso scrivere il libro solo per coloro che posseggono basi tecnico-scientifiche ma ha presentato gli argomenti in modo che siano facilmente leggibili (senza noia, intendo) da qualunque persona abbia una certa cultura generale. Forse anche per questo motivo i vari argomenti non sono stati suddivisi in modo tradizionale ma raggruppati in quattro gruppi ciascuno dei quali (terra, acqua, aria e fuoco) rappresenta uno dei quattro elementi (o stati di aggregazione della Creazione?) secondo gli Alchimisti; secondo quegli studiosi, cioè, che con le loro ricerche intendevano percorrere un viaggio alla ricerca della natura stessa dell'Universo e, contemporaneamente, della propria interiorità.

Il libro può allora essere letto in due modi diversi.

Ciascuna delle realizzazioni del mondo antico trattate può essere letta come a se stante; in questo modo si potrà certamente comprendere il suo funzionamento e probabilmente ci si potrà stupire per la modernità della sua concezione e per l'ingegno dimostrato dal suo inventore.

Ma un secondo modo di leggere il libro è sicuramente più appagante: si può leggere il libro nel suo insieme affrontando tutti gli argomenti nelle sequenza con la quale gli Autori li presentano. In questo modo si sarà accettato l'invito che essi ci rivolgono a seguirli in un viaggio nella società di circa 2000 anni or sono per comprendere, tra le altre cose, le nostre radici di uomini prima ancora che di ingegneri. In questo senso, io credo, questi argomenti sono di interesse antropologico.

Non è il caso da parte mia, io credo, di presentare alcuno degli argomenti trattati nel libro: Flavio lo fa certamente molto meglio di quanto potrei farlo in una prefazione. Però su alcuni particolari ritengo sia utile richiamare l'attenzione:

Un primo aspetto da cogliere è che molte delle idee e delle invenzioni che ci sembrano modernissime sono, in realtà, frutto dell'ingegno di inventori di circa 20 secoli or sono; nell'uso quotidiano di allora, infatti, un numero sorprendente di "cose" che usiamo oggigiorno erano già presenti o nella forma attuale o almeno, nel principio di funzionamento.

Un secondo aspetto che emerge chiaramente è quello che in epoca imperiale doveva aver avuto luogo una rivoluzione industriale: è evidente infatti che in tutto l'Impero Romano era stata effettuata una estesa opera di "unificazione industriale" *ante litteram*; questo si evince piuttosto chiaramente dagli scritti di Vitruvio ed è evidente se si pensa alla inevitabile standardizzazione richiesta per tutto quanto veniva fornito alle Legioni che operavano in un impero tanto vasto. Una qualunque Legione, al suo arrivo in una qualunque regione dell'Impero, per quanto remota fosse, doveva certamente trovare sul posto attrezzature, rifornimenti e parti di ricambio identici a quelli in suo possesso. Dall'ambito militare a quello civile il passo per adottare l'unificazione delle forniture deve esser stato molto breve.

Infine, per quanto sia stata certamente molto più moderna ed avanzata di quanto si creda comunemente, la tecnologia del mondo Greco-Romano era una tecnologia "lenta" e tale che oggi potremmo anche definirla "a basso impatto ambientale". Aspetto quest'ultimo, mai come oggi, di straordinaria valenza indicativa.

Dalle realizzazioni presentate in questo libro emerge chiaramente, infatti, che nell'antichità molte delle nozioni fondamentali della statica e della cinematica erano già state sostanzialmente comprese. Trattandosi però di applicazioni a macchine piuttosto lente, le forze di inerzia erano relativamente di piccola entità e quindi la dinamica era molto meno conosciuta. Vale forse la pena di chiedersi se dietro questi aspetti tecnico-scientifici non ci sia stato anche un diverso modello culturale.

Un discorso a parte è doveroso fare per l'apparato iconografico, fotografico e virtuale di Ferruccio Russo, che costituisce la parte più accattivante e facilmente recepibile del volume. Mai come in questo caso le immagini forniscono una trattazione parallela efficace non per i soli addetti ai lavori, ma per qualsiasi lettore, indipendentemente dalle sue cognizioni tecniche.

Nel concludere questa mia breve introduzione vorrei esortare tutti coloro che avranno questo libro tra le mani a voler ripagare la passione che gli Autori hanno messo nel realizzarlo; per farlo non c'è che un modo: leggerlo.

Prof. ing. Cesare Rossi
Ordinario di Meccanica Applicata alle Macchine
Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli - "Federico II"
Titolare dei Corsi di: Fondamenti di Meccanica e Meccanica dei Robot

Introduzione: l'età medievale

A differenza del precedente volume sul ruolo trainate della tecnologia militare in età classica, questo secondo, sempre relativo al medesimo argomento ma in età medievale, non contempla un ampio ventaglio di archetipi innovativi, di originali scoperte o d'inedite invenzioni, che spesso traspaiono alle spalle di molteplici derivazioni d'impiego corrente nella nostra quotidianità, rendendola meno ostile.

Nel Medioevo, infatti, non si ebbe nulla di analogo all'apporto scientifico e tecnologico della cultura ellenistica, quella che impresse alla cultura d'età classica un vistoso balzo evolutivo, portandola con le sue punte più avanzate quasi al livello prodromico del Rinascimento. Ma non vanno confusi "*il sorgere di un'invenzione e il suo impiego generalizzato, vale a dire l'innovazione, dove intervengono condizioni sociali, economiche o naturali... Prendiamo due esempi concreti. Il mulino ad acqua è conosciuto dall'antichità, l'attacco moderno del cavallo è conosciuto in Oriente dal II secolo della nostra era, l'agricoltura ha avuto molto meno trasformazioni della siderurgia: si tratta di verità accettate. Allo stadio superiore, si può dire che il medioevo occidentale, per varie ragioni, dispone dell'energia idraulica necessaria per generalizzare l'impiego del mulino ad acqua; che un'economia più sviluppata, e anche più terrestre che marittima, ha potuto profittare, a partire da un dato momento, dell'attacco di tipo moderno; che la ricchezza del terreno, il clima e le possibilità di un'agricoltura estensiva hanno reso meno necessarie le trasformazioni tecniche della coltivazione; che tutte le altre condizioni hanno fatto sì che un'acquisizione anteriore, che non aveva trovato diffusione, abbia potuto essere messa in opera in modo coerente a partire dalla metà del XII secolo. Si tratta, se occorre, più che di stabilire liste di invenzioni, di mostrare come in definitiva vi sia stata appunto la comparsa di un nuovo sistema tecnico, necessariamente composito nelle sue origini, fatto insieme di antiche invenzioni, di novità tecniche e di un certo grado di conservatorismo.*"[1]

Si inizia così a manifestare la profonda differenza dell'età medievale nei confronti della tecnologia, ovvero un'epoca caratterizzata più che dall'invenzione dal suo sfruttamento, in pratica l'impiego diffuso di un enorme capitale accumulato in precedenza e mai usato. La storiografia ha finito per ravvisare in questa diffusione una connotazione preminente rispetto all'invenzione stessa, considerandola perciò la sua vera origine, come evidente negli esempi citati, operando perciò un significativo artificio culturale al quale, tuttavia, è coerente attenersi. Converge su questa visione anche Jacques Le Goff, ricordando che: "*l'interesse fecondo per la storia delle tecniche ha spinto i numerosi ammiratori del Medioevo anche a dotare quest'epoca di una genialità inventiva che non troverebbe confronto con nessun altro periodo della storia... Ma vorrei che si riconoscesse, come dimostrava Marc Bloch, che il Medioevo ha diffuso, e lo si vedrà, piuttosto che inventato delle tecniche. D'altronde questo è per lo storico un fenomeno di gran lunga più importante e più significativo dell'evento spesso effimero di un'invenzione isolata, oggetto di curiosità e non di storia, poiché il vero oggetto storico deve, se non sconvolgere, per lo meno cambiare con la sua azione in estensione e in profondità le strutture di una società.*"[2]

Al di là della basilare distinzione tra l'invenzione e la sua diffusione, ne traspare una seconda circa le modalità della diffusione stessa, certamente presente anche in età classica ma in maniera del tutto diversa. La diffusione della tecnologia in età medievale, infatti, si potrebbe considerare di tipo orizzontale, cioè di massa, rispetto alla più antica a sua volta di tipo verticale, cioè d'èlite. Differenza fondamentale, ritenuta comunque sufficiente per fornire all'età di

1 B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985, p. 284.
2 J. LE GOFF, *La civiltà dell'Occidente medievale,* Milano 1981, p. 5.

mezzo, una sua pregnanza scientifica a partire dall'XI-XII secolo dopo, però, mezzo millennio di insignificante progresso, quale che si voglia considerare, se non di regresso. L'ambiguità della questione deriva, in ultima analisi, dalla eccessiva diversità dei periodi interni del Medioevo, che ne impediscono l'inclusione in un omogeneo ambito storico-culturale: diversi per la padronanza delle rilevanti nozioni ereditate, una sorta di poderoso lascito tecnico-scientifico, finito quiescente e di rado utilizzato per la rozzezza dei tempi, ma non per questo cancellato o dimenticato; diversi per l'organizzazione del potere, della legge e della sicurezza sociale; diversi per l'entità dei conflitti, per lo più a bassa intensità e alta frequenza, ma non per ciò meno devastanti; diversi, infine, per la frammentazione del territorio, imposta più che da faide feudali, dalla distruzione delle grandi vie romane, intese senza soluzioni di continuità e con le relative pertinenze.

Circa quest'ultime, causa ed effetto della frammentazione medievale, proprio Marc Bloch così ne delineò il collasso: "*il crollo dell'Impero carolingio determinò la rovina dell'ultimo potere abbastanza intelligente per preoccuparsi dei lavori pubblici, abbastanza potente per eseguirne almeno qualcuno.*

Sopra: *un tratto della Flaminia.*
Sotto: *i ruderi del ponte di Alconètar, Extremadura, Spagna. Attribuito ad Apollodoro di Damasco, è uno dei ponti a sesto ribassato più antichi (II sec. d.C.).*

Nella pagina a fianco: *miniature raffiguranti le stagioni nel Medioevo.*

Sopra: *guerrieri Unni a cavallo.*
Sotto: *scena di saccheggio.*

Persino le antiche strade romane, costruite meno solidamente di quanto non si sia talvolta immaginato, rovinavano per mancanza di manutenzione... Mancavano specialmente, a un gran numero di passaggi, i ponti, che non venivano più riparati. Si aggiunga la insicurezza, aggravata dallo spopolamento che aveva in parte provocato..."[3]

Ovviamente le connotazioni anzidette non si manifestarono in ugual misura dappertutto e per tutto l'alto Medioevo, oscillando fra livelli più o meno gravi pur avendo in comune aggravio l'inerzia, innescata dall'angoscia di un perenne stato di insicurezza, provocato da una cospicua e precoce mortalità, per ragioni sanitarie e belliche. Paradossalmente, però, la guerra, che abbiamo visto giocare un ruolo preminente nello sviluppo della tecnologia in età classica, non fornì un identico stimolo propulsivo in quel contesto di scontri continui, essendo condotta da bande raffazzonate, armate alla meno peggio, e non da veri eserciti. Anche quando gratificati di tale qualifica, infatti, gli eserciti del primo Medioevo furono in realtà un'accozzaglia di razziatori e criminali, indisciplinati ed incapaci di ogni operazione tattica coordinata, prima fra tutte l'investimento ossidionale. Nel frattempo la popolazione, quando non pativa l'irrazionale e violenta contrapposizione di clan e potentati, subendo inerme le scorrerie e le incursioni di terra e mare, finì per abbandonare l'agricoltura delle fertili pianure ed i remunerativi commerci costieri, sostituendoli con una stentata economia di pura sopravvivenza, con scarni allevamenti allo stato brado. Alle razionali città di pianura, con strade ampie ed ortogonali, si sostituirono modesti villaggi, appollaiati su impervi cocuzzoli e ripide pendici montane, emblema della paura: "*tutto ciò significava un forte regresso dell'urbanizzazione. Le invasioni dei barbari portarono alla distruzione definitiva di molte località importanti ed alla contrazione degli insediamenti urbani. I rimpiccioliti centri cittadini delle* civitates *e i* vici *aperti furono prontamente cinti di mura, incorporando nella nuova cinta, per il bisogno che si aveva di pietra squadrata, anche pietre d'altare e sculture del passato pacifico e felice. Così ristrette, però, le città murate non costituivano più un soggiorno confortevole...*"[4]

Sebbene non sia mai stato realmente approfondito sotto tale aspetto, il vistoso regresso dell'alto medioevo fu anche la conseguenza dello scontro tra la cultura sedentaria, urbana e agricola, la cui massima estrinsecazione è la città, donde non a caso deriva *civiltà*, e la cultura nomade, *modus vivendi* pastorale ed itinerante, refrattario alla tecnologia ed alla scienza, la cui massima manifestazione fu l'orda. Pertanto la: "*superiorità militare degli invasori era non tanto di natura tecnica quanto di origine sociale... Il nomade è, insomma, un «soldato nato», sempre pronto a porsi in moto coi suoi mezzi ordinari, il cavallo, l'equipaggiamento, le provviste di viveri; dotato per giunta di un senso strategico dello*

3 M. BLOCH, *La società feudale,* Torino 1972, p. 78.

4 E. ENNEN, *Storia della città medievale,* Bari 1975, p. 16.

spazio in genere assolutamente ignoto ai sedentari. Che mai potevan fare di fronte a queste truppe scelte, le leve improvvisate, riunite in gran fretta dai quattro cantoni di un paese già invaso?"[5]

Si comprende così la fase più traumatica e devastante del tramonto del mondo antico, appena successiva alle calate dei barbari, che vide il cozzo delle due concezioni esistenziali, fra loro antitetiche. E se il benessere aveva consentito alla prima di affrancarsi dai capricci della natura, mantenendo ed accrescendo con i traffici il proprio benessere, alla seconda bastava una carestia appena più ampia per risvegliare l'istinto predatorio, spesso l'estrema risorsa di una lunga catena di aggressioni. Sul finire del IV secolo, infatti, scrive Sant'Ambrogio che: "*gli Unni si sono gettati sugli Alani, gli Alani sui Goti, i Goti sui Taifali e i Sarmati; i Goti respinti dalla loro patria ci hanno respinto verso l'Illiria e non è finita!*"[6] Una sorta di domino etnico, inarrestabile, che porterà gruppi umani, atavicamente incapaci di evolversi e di superare la razzia come unica risorsa, ad avventarsi sull'Occidente come onde distruttrici. Rarissimi gli apporti tecnologici, per lo più connessi con l'ottimizzazione della scorreria.

L'urto fra i due mondi fu brutale e stravolgente e se quello occidentale non svanì del tutto con la sua cultura, dipese dall'incapacità dei barbari, troppo rozzi per poter gestire le conquiste in maniera proficua. Anche loro, in breve tempo, persero quasi completamente le peculiarità etniche, fondendosi con i vinti, formando una nuova società, consapevole del passato, suggerito dai suoi grandiosi ruderi ma incapace di imitarlo. Del resto: "*la grandezza di*

Sopra: *incontro di Leone Magno con Attila, affresco di Raffaello Sanzio del 1514, Musei Vaticani, Roma.*
Sotto: *Attila, il re degli Unni, in una stampa medievale.*

5 M. BLOCH, *La società...*, cit., p. 70.
6 J. LE GOFF, *La civiltà...*, cit., p. 20.

ormai nessuno comprendeva. Quando il contesto sociale iniziò a migliore, gli studiosi che vantavano una sia pur minima frequentazione di quei testi, divennero i dotti per antonomasia senza alcun preciso limite di competenza, capaci perciò di fungere, all'occorrenza, da medici o da ingegneri, da poeti o da notai, da astronomi o da speziali. Un coacervo di scienza e superstizione, di misticismo e fanatismo, di realtà e utopia, strana connotazione che si legge ancora intatta negli artisti rinascimentali, tra i quali anche Leonardo da Vinci.[8]

Sopra: il complesso del monastero benedettino di San Vincenzo al Volturno, Isernia.
In basso: scorcio di una tipica fortificazione medievale.

una civitas antica era addirittura di ostacolo alla sua sopravvivenza in epoca franca: infatti i guerrieri franchi non sapevano che fare con un deserto colossale di rovine di pietra, non essendo in grado di rimetterlo in funzione e di difenderlo; erano invece in grado di mantenere in funzione e difendere un piccolo insediamento fortificato, cioé appunto un castello."[7]

Per alcuni storici quel primo Medioevo divenne perciò un cimitero di città ed una costellazione di bivacchi barbari in cui, al posto dei carri intorno al fuoco, stavano delle stamberghe intorno ad uno spiazzo, fungenti con il loro perimetro cieco da rudimentale fortificazione di cinta. Al pari dei grandi edifici antichi, anche le conoscenze classiche non erano svanite del tutto, restando come ingombranti ruderi, e fu solo grazie ai monasteri che quanto non ancora distrutto si salvò, copiandosi e ricopiandosi codici e manoscritti che

7 E. ENNEN, *Storia della...*, cit., p. 34.

Già da questa necessariamente schematica suddivisione si ricava la linea guida del volume: a paragone col mondo antico rare le novità tecnologiche del Medioevo, per lo più successive al XII secolo, spesso però di rivoluzionaria consequenzialità come la polvere pirica, la bussola magnetica o le lenti di cristallo, premesse basilari del Rinascimento. Rinascita e non nascita, poiché era evidente il suo scaturire dal recupero della scienza e della tecnologia del

8 Cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro,* Napoli 2009, pp. 137-79.

passato, sebbene con un'inedita diffusione. Anche i castelli, che sono la connotazione precipua dell'epoca, vanno considerati una proliferazione abnorme di stereotipi, già esistenti nell'antichità incentivata dall'incapacità di espugnarli! Incapacità che durerà fino al debutto di un'artiglieria efficace che, infatti, spazzando via facilmente quelle arcaiche difese, chiude l'anarchia feudale e conclude il Medioevo, avviando la formazione dei grandi Stati nazionali. Evento già anticipato dalla balestra che ponendo fine con i suoi micidiali verrettoni all'impunità del cavaliere corazzato, pose fine di fatto alla cavalleria.[9]

La messa in discussione di assetti acquisiti, ed apparentemente immutabili, trovò una analogia anche nella conoscenza del mondo, non più costretta e ristretta alle teorie degli antichi geografi ma sorretta da verifiche dirette e lunghe navigazioni, ben oltre il breve orizzonte mediterraneo. Le Repubbliche marinare prima e le Nazioni affacciate sull'oceano poi, iniziarono a saggiarne l'immensità, avvalendosi dei recenti strumenti nautici, tra i quali la bussola magnetica, l'astrolabio navale, il solcometro e le carte nautiche, nonché di un efficace timone a barra. Nulla di realmente nuovo, anche in quest'ambito, ma tutto molto migliorato e generalizzato.

Per ovvia conseguenza la ricerca che segue, non potendosi allargare, come per l'età classica, ad un uguale ventaglio di novità tecnologiche, per lo più riconducibili al mondo militare, approfondirà, invece, il debutto e la diffusione in età medievale delle poche in essa realmente scaturite, avvalendosi della relativa abbondanza di reperti e fonti. In particolare, saranno approfondite quelle prodromiche al mondo moderno e che trovano, ancora ai nostri giorni, utilizzo sostenendo perciò un ruolo culturale realmente traente. Apporti concentrati nella stragrande maggioranza dopo il XII secolo e, poiché da allora l'impiego di quelle invenzioni e scoperte non subì alcuna interruzione, a differenza di quanto accadde per quelle dell'antichità classica, diviene interessante seguirne l'evolversi, sia pure per grandi linee, anche dopo la conclusione del Medioevo.

Sopra: *balestriere, particolare del gruppo scultoreo* Il martirio di San Sebastiano, *Alto Reno 1480 ca., Monaco, Bayerisches Nationalmuseum.*
Sotto: *ricostruzione museale di cavalleria medievale con armatura pesante.*

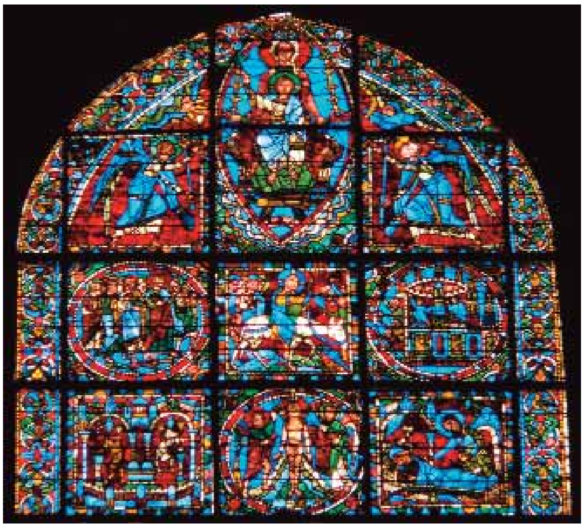
9 W. H. McNEILL, *Caccia al potere. Tecnologia, armi, realtà sociale dall'anno Mille*, Varese 1984, p. 59.

Gli estremi cronologici del Medioevo

Il Medioevo, dei tre grandi periodi storici definiti età, fu il più longevo ed anche il più disomogeneo dal punto di vista sociale, culturale e tecnologico. Ne consegue che i giudizi su di esso hanno avuto, nel corso degli ultimi secoli, delle profonde revisioni e dei radicali stravolgimenti, a partire dall'assoluta repulsione dell'età moderna alla esaltazione acritica dell'età romantica: in entrambi i casi si tratta di esagerazioni, essendo peraltro necessario precisare a quale scorcio cronologico ci si riferisce. L'alto Medioevo, ad esempio, fu certo un periodo buio se non tenebroso, caratterizzato solo dalla miseria, dall'ignoranza e dalla guerra più arcaica, indiscriminata ed atroce. Quale fosse il contesto vigente lo testimonia il crollo demografico per cui: "*la popolazione europea sarebbe calata da 67 a 27 milioni di abitanti. La contrazione del numero di abitanti della zona italiana, francese e spagnola iniziò sin dal sec. IV...* [e] *solo dopo il Mille, in un contesto economico e politico ben diverso, si sarebbe inaugurata una vera e propria ripresa demografica a cui concorsero i miglioramenti nelle tecniche di coltivazione, la stabilità dei quadri della società agraria, il rilancio dell'economia mercantile su vasta scala, i progressi nella navigazione e l'avanzata dello scambio monetario.*"[10]

Un implicito riscontro delle crisi demografica e sociale si coglie nel rarefarsi delle iscrizioni commemorative, tanto frequenti nel mondo romano e così rare in quello medioevale. La spiegazione del fenomeno insiste nell'universale analfabetismo che le rese in sostanza superflue, ma anche nel venir meno, difettando uomini e risorse, dei viaggi e degli spostamenti, blocco che frustrava la curiosità. Le policrome ed immense vetrate delle cattedrali, con le loro narrazioni per immagini, furono la variante luminosa delle grandi colonne spiralate romane. Ma mentre in quest'ultime si celebrava il successo di una campagna militare rendendo partecipi anche gli analfabeti, nelle vetrate vi era la trasposizione degli episodi più emblematici del Vecchio e Nuovo Testamento, esempi da seguire o da evitare, con i relativi premi e pene per chi si adeguava o trasgrediva. Non più una celebrazione militare ma una prescrizione etica con finalità sociali, essendosi ormai trasformato il peccato in reato.

Un'epoca, quindi, inizialmente caratterizzata da una generale ignoranza e insicurezza, che, significativamente, non lasciò sul terreno le monumentali rovine di grandiosi edifici pubblici, ma ruderi scomposti di tetre fortificazioni, artigliate a rocce impervie e difficilmente accessibili. Paradossalmente, però, saranno proprio quelle mura scalcinate e avviluppate di rovi a suscitare durante il romanticismo inedite suggestioni, artistiche ancor prima che culturali, suggerendo una visione fantastica del relativo contesto storico reso perciò ricco di umanità e socialità, di colori e di suoni, con esistenze trascorse tra castelli e cattedrali, tra tornei e processioni, tra assemblee comunali e corporative! In estrema sintesi un'epoca che parve generare le maggiori innovazioni tecnologiche della storia. Ed ancora una volta l'errore sta nell'incertezza dell'ambito cronologico, essendo assurda un'unica definizione per un intero millennio durante il quale la civiltà prima arretrò fin quasi alla preistoria e poi progredì fin quasi alle attuali basi scientifiche. Indispensabile, perciò, fornire una più dettagliata suddivisione cronologica per sta-



Sopra e sotto: *particolari delle vetrate istoriate della Cattedrale di Chartres in Francia, XII-XVI sec..*

10 M. L. SALVADORI a cura di, *La storia. Dall'impero romano a Carlo Magno,* Novara 2007, vol. IV, p. 459.

bilire una corrispondenza meno approssimata e rozza, sebbene già per le date iniziale e finale, entrambe convenzionali, viga una certa divaricazione fra gli storici. Tra i tragici eventi del V secolo, infatti, non ne ravvisano, concordemente, alcuno emblematico da assumere per origine e, invece, fin troppi per divenirne la fine, tra quelli accaduti tra la fine del XV e gli inizi del XVI.

Pertanto alcuni ne collocano l'inizio nel 410 col sacco di Alarico, altri nel 476 con la deposizione dell'ultimo Imperatore romano Romolo Augustolo sull'isolotto di Megaride a Napoli. A ben vedere, quando si ebbe il sacco dei Goti, il Medioevo, inteso come fine dell'età classica, per molti aspetti era già iniziato, pur non individuandosi alcuna precisa cesura, poiché il crollo dell'Impero romano d'Occidente non fu un evento subitaneo, ma piuttosto un fenomeno osmotico d'impercettibile estrinsecazione. La pressione, infatti, dei popoli: "*delle foreste germaniche sul mondo romano era così antica e inveterata e una parte talmente cospicua di esse era entrata nei territori dell'impero da così tanto tempo che quando alla fine le difese di questo cedettero non si verificò un cataclisma, ma fu quasi come se lo straripamento fosse nell'ordine naturale delle cose.*"[11] Dello stesso parere, sebbene in maniera più articolata, anche A. Momigliano che così scrive al riguardo: "*Dal Settecento in poi noi siamo ossessionati dalla caduta dell'impero romano: questa caduta ha assunto il valore di archetipo di ogni decadenza e quindi di simbolo delle nostre paure...* [Il] *paradosso è che ben pochi contemporanei (a quanto possiamo intuire dalle fonti) si accorsero che la deposizione di Romolo Augustolo significava la fine dell'Impero romano d'Occidente. L'impero romano d'Occidente cadde senza rumore nel settembre del 476... Contribuiva a sdrammatizzare la deposizione il fatto che Romolo Augustolo, assai giovane e personalmente insignificante, fosse bonariamente mandato da Odoacre a vivere in Campania con la madre e una congrua pensione.*"[12]

Una dissoluzione, quindi neppure percepita, tanto più che qualcosa di simile si stava verificando anche in ambito demografico con la ricordata contrazione demografica della popolazione romana, fenomeno aggravatosi nei secoli immediatamente successivi. Tra le cause: "*una degradazione lenta* [che] *avrebbe ridotto la speranza di vita accrescendo la mortalità infantile e la morbilità... Indiscutibile nel ridurre l'ammontare complessivo della popolazione fu il peso delle epidemie e soprattutto di una peste bubbonica che dall'Abissinia, dove inferiva nel 541, si propagò all'Egitto, alla Siria, all'Asia Minore, alla penisola balcanica, a tutti i Paesi bagnati dal Mediterraneo. Le perdite, difficilmente calcolabili, furono spaventose anche perché il flagello ritornò a colpire, a più riprese, varie regioni della Gallia, dell'Italia, dell'Inghilterra e impedì probabilmente una rapida ripresa demografica...* [senza contare] *altre malattie, i cui sintomi, descritti dai cronisti, sono stati identificati per quelli del vaiolo, della malaria, della tubercolosi...*"[13]

Sopra: *stampa raffigurante la deposizione di Romolo Augustolo.*
Sotto: *miniatura medievale raffigurante un gruppo di appestati al cospetto dell'Imperatore Giustiniano.*

La desolazione, comunque, aveva avuto il suo debutto intorno alla metà del IV secolo, e tra i suoi primi sintomi l'abbandono delle terre a ridosso dei *limes*, vuoto che formò un attraente richiamo per i barbari. Tra il 376 ed il 406 attraversarono il Danubio per entrare in quella sorta di terra promessa i Goti, poi gruppi di Vandali, e quindi gli Alani e infine i Suebi. Non si trattò di una sequenza di scorrerie né di un avvicendarsi di iniziative passeggere,

11 E. BARKER, *L'Italia e l'occidente dal 410 al 476*, in *Storia del mondo medievale*, Milano 1978, vol. I, pp. 373-74.
12 a cura di M. L. SALVADORI, *La storia...*, cit., vol. IV, p. 194.
13 Ibid, p. 531.

ma di un riassetto geo-politico che, in un secolo, mutò l'intera regione in modo irreversibile. Coerente, allora, collocare proprio nel 476, l'inizio del Medioevo, data che sancisce se non la fine dell'Impero quella degli imperatori!

Con una analoga dialettica, alcuni storici fanno coincidere lo scadere del Medioevo con la caduta di Costantinopoli nel 1453, altri con la scoperta dell'America nel 1492, altri ancora con la riforma protestante di Lutero nel 1517. Tutte date certamente significative e consequenziali, ma forse, per molteplici ragioni, troppo precoce la prima e troppo tarda la terza, per cui la più valida resta il 1492. Tra il 476 ed il 1492 si dipanò il Medioevo, per eccessiva semplificazione distinto in alto e basso.

Fatta questa basilare premessa, si opta oggi per una suddivisione storica più articolata di quel millennio, distinguendola in quattro periodi. Il primo o della *tarda antichità*, tra il IV ed il VI secolo, si chiude col collasso dell'Impero romano d'Occidente e la morte di Giustiniano; il secondo o dell'*alto Medioevo*, tra il VII ed il X secolo, vede il sorgere e l'affermarsi dell'islam nel Mediterraneo con la conseguente polarizzazione del bacino; il terzo o del *pieno Medioevo* tra l'XI ed il XIII secolo, è scandito dall'avvento e dalla affermazione dei liberi comuni; il quarto o del *basso Medioevo*, dal XIV al XV secolo, è successivo alla peste nera, segnato dal declino della società feudale. Dal punto di vista tecnologico, tuttavia, si constata un'altra bipartizione il cui discrimine è l'inizio del superamento dello stato di sottosviluppo e di miseria ravvisato nel IX secolo ma ben più evidente nel X. Presupposto essenziale per la ripresa socio-culturale che poteva avvenire solo: "*su basi economiche. Esse sono state poste prima di quanto spesso si possa credere. È lecito pensare che, se c'è stato un rinascimento carolingio, è stato in primo luogo di carattere economico. Rinascimento, come quello culturale, limitato, superficiale, fragile e, ancor più di quello, quasi distrutto dalle invasioni e dai saccheggi normanni, ungarici e saraceni del IX secolo e del principio del X. Questi hanno senza dubbio ritardato di uno o due secoli il Rinascimento dell'Occidente, così come le invasioni del IV e del V secolo avevano affrettato la decadenza del mondo romano.*"[14]

Sotto ed a fianco: *miniature medievali raffiguranti la costruzione di strutture religiose.*

In definitiva si può concludere che, fatta salva una piccola premessa manifestatasi tra il IX ed il X secolo, la ripresa dell'evoluzione tecnologica inizierà, lentamente, dopo il Mille per andare a regime col XII secolo, procedendo da allora senza ulteriori interruzioni. Se mai sussistesse qualche dubbio su quell'uscita da un penoso letargo della tecnologia e delle scienze, lo fuga questo passo del cronista Rodolfo il Glabro, che rievoca come: "*all'avvicinarsi del terzo anno che seguì l'anno mille, si vedono ricostruire su quasi tutta la terra, ma soprattutto in Italia e in Gallia, gli edifici delle chiese. Sebbene la maggior parte, molto ben costruite, non ne avessero alcun bisogno, un vero spirito di emulazione spingeva ogni comunità cristiana ad averne una più sontuosa di quella dei vicini.*"[15] Pertanto: "*la produzione su vasta scala di materie prime (pietre, legno, ferro), la messa a punto di tecniche e la fabbricazione di un'attrezzatura per l'estrazione, il trasporto, l'erezione di materiali, di misura e peso considerevoli, il reclutamento della manodopera, il finanziamento dei lavori, tutto ciò ha fatto dei cantieri edili (e non solo delle cattedrali ma anche delle innumerevoli chiese di ogni dimensione, nonché delle edificazioni per uso economico, come ponti, granai, mercati, e delle case per ricchi, sempre più costruite in pietra), il centro della prima e quasi dell'unica industria medievale*"[16] Ovviamente ad eccezione della guerra ed a quanto ad essa attinente, dalle armi alle fortificazioni le vere e più cospicue produzioni medievali, dal cui coinvolgimento riprende il ruolo trainante della tecnologia militare.

14 J. LE GOFF, *La civiltà...*, cit., p. 63.
15 Ibid, p. 68.
16 J. LE GOFF, *La civiltà...*, cit., p. 68.

Volendo dettagliare quanto delineato se ne può tracciare come di seguito la relativa evoluzione tecnologica e scientifica.

X secolo

Mulini azionati dalla forza di marea a Venezia. Scandaglio marittimo a risalita automatica; astrolabio di precisione per la determinazione della latitudine. Costruzione dei pozzi modenesi, più noti come d'Artois o artesiani. Adozione generalizzata del collare di spalla per i cavalli e giogo frontale per i buoi e della ferratura per entrambi. Ampia ripresa dell'attività mineraria estrattiva e razionalizzazione dei sistemi di sfruttamento.

Di questo primo elenco, tuttavia, soltanto l'attacco di spalla e la ferratura vanno ritenute, peraltro parzialmente, novità gravide di future conseguenze.

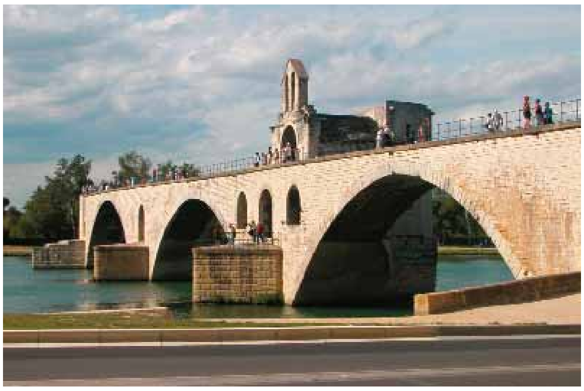
XI secolo

Inizio dell'attività vetraria veneta. Rinomanza crescente della scuola medica salernitana e dei connessi progressi farmacologici. Invenzione della camera oscura e prime nozioni di ottica. Adozione degli archi diagonali e degli archi a sesto acuto nell'architettura romanica. Invenzione della candela di cera e grasso. Diffusione del pesante aratro nordico su ruote.

Anche in questo secondo elenco nessuna novità, essendo pure gli archi a sesto acuto, o policentrici, ben noti nel Vicino Oriente sin dall'antichità.

XII secolo

Disegno dei primi portolani e compilazione delle tavole astronomiche per naviganti. Distillazione dell'alcool dal vino. Impianto dei primi mulini a vento ad asse orizzontale. Nuovo metodo per l'estrazione dell'argento puro dal rame. Impiego nel 1147 di stozzi in legno per stampare le lettere iniziali dei codici. In Spagna compaiono le prime fabbriche di carta, di derivazione medio-orientale. Scavo di grandi canali, tra i quali il Naviglio Grande. Diffusione di una nuova tipologia di strada, a ciottoli incastrati in un letto di sabbia, di più facile costruzione e di più economica manutenzione, rispetto alla romana. Grandi opere d'ingegneria fra le quali il ponte di Avignone, lungo m 900, il grande acquedotto di Genova e la diga del molo. Sviluppo più razionale dell'architettura gotica. Ulteriori ricerche di chimica applicata. Adozione di mulini per la concia e per le gualchiere. Adozione delle forgie ad azionamento idraulico del martinetto.



Sopra: *il ponte di Avignone.*
In basso: *il pesanto aratro a ruote nordico.*

Ancora nessuna rimarchevole novità essendo, sebbene in maniera diversa, esistenti sia le mappe itinerarie terrestri sia, quasi certamente, anche delle rudimentali carte nautiche. La distillazione dell'alcool, poi, risulta praticata dagli alchimisti greci tra il 150 a.C. ed il 350, mentre la girante eolica ad asse orizzontale è ricordata da Erone e l'alligazione dei metalli nobili è descritta già nel *Papiro X di Leida*, redatto da un orafo del IV secolo; quanto ai caratteri mobili, infine, erano di uso corrente nelle fonderie di epoca imperiale per marchiare i tubi di piombo. Medievale sicuramente, invece, non la carta ma le sue fabbriche, che in genere rimontano al XIII secolo, come l'architettura gotica.

XIII secolo

Iniziano le grandi scoperte geografiche, accompagnate e spesso favorite dallo sviluppo dell'astronomia nautica, dal perfezionamento del quadrante astronomico e dal progresso generale delle matematiche; invenzione della bussola magnetica a rosa rotante, e del timone ad incernieratura verticale di ferro e barra di

Frammento di bassorilievo romano di epoca imperiale, con raffigurazione di timone a barra.

manovra; costruzione degli occhiali da presbite; debutto dei primi orologi meccanici e di un rudimentale congegno di scappamento. Compare in questo secolo un filatoio idraulico a Bologna, ed altrove la ruota a mano per azionare il fuso, nota come arcolaio. Si studia l'anatomia e si comprende la circolazione del sangue, introducendo la narcosi in chirurgia; si studia pure la botanica, incentivati dalla primitiva farmacologia. Preparazione degli acidi nitrico, solforico, cloridrico. Inizi degli studi teorici sull'ottica e sulle lenti. Compaiono masselli da stampa a caratteri di legno. Formulazione di basilari teoremi di statica e relativi al piano inclinato, in relazione ai progressi dell'architettura. Vistosa evoluzione dei forni fusori e della siderurgia, grazie all'applicazione della forza idraulica ai mantici, e produzione del ferro fuso colato. Debutta l'umile ma basilare carriola.

Anche le tecniche e le invenzioni rubricate sono per lo più perfezionamenti e diffusioni di analoghe di età classica, ovviamente rimaste limitate a pochissimi impieghi, e solo per caso testimoniate da qualche bassorilievo, non a caso la fonte iconica meno effimera. Emblematico, ad esempio, il timone a barra che compare, con estrema nitidezza, in un fregio romano di epoca imperiale, pur restando di scarsa adozione. Discorso alquanto diverso per gli acidi che pur essendo già noti in epoca ellenistica, lo divengono realmente in questo secolo per le modalità di produzione, al pari della distillazione degli idrocarburi. Straordinarie migliorie nei forni fusori, ma solo per gli incrementi delle temperature raggiunte grazie all'adozione di mantici di notevole capacità azionati da ruote idrauliche. Quanto alla carriola, se ne conoscono di epoca greco-romana.

XIV secolo

Incremento della velatura e della stazza delle navi. Comparsa del filatoio ad alette. Costruzione delle prime chiuse idrauliche. Adozione di ruote idrauliche pure nelle cartiere e nelle segherie, con trasformazione del moto circolare in alternativo. Primo orologio con scappamento a bilancia e ruota di rincontro. Debutto della pialla, del cappuccio da palombaro, dei caminetti domestici per riscaldamento. Diffusione dei blocchetti di legno con caratteri tipografici per la stampa e prime indicazioni su caratteri mobili in metallo per la stampa. Perfezionamento ed ottimizzazione della polvere pirica. Costruzione della bombarda in ferro fuso. Prime fabbriche per la costruzione delle armi da fuoco e prima organizzazione dei grandi cantieri navali di Venezia. Sviluppo delle banche.

È di questo secolo, sebbene alcuni storici la collochino nel precedente, l'invenzione più importante del Medioevo: la polvere pirica. Rapidi i successivi perfezionamenti del miscuglio e delle relative armi, nonché le tecniche miranti ad incrementare la produzione, gli scambi e gli sviluppi delle armi da fuoco. L'adozione generalizzata della ruota idraulica in molteplici lavorazioni, prosegue un processo già avviato in età imperiale, con le segherie per il marmo. Sicuramente inediti, invece, l'orologio meccanico ed i caminetti domestici da riscaldamento, ma non certo le banche, ravvisandosi qualcosa di simile già nella cassa delle legioni.

XV secolo

La stampa compare nella sua veste definitiva con caratteri mobili in metallo, e si diffonde rapidamente. Si diffonde pure il congegno biella-manovella, consentendo la costruzione di numerose macchine. Debutta un rudimentale orologio a molla destinato, solo dopo secoli di perfezionamenti, all'impiego in navigazione. Compaiono i primi veri altiforni e le più potenti draghe per impieghi foranei. I mulini a vento vengono impiegati in gran numero per azionare pompe di drenaggio, e sono

Cristoforo Colombo sbarca alle Bahamas.

montati su torri girevoli. Compare il solcometro per la valutazione della velocità della nave. Colombo raggiunge il nuovo mondo. Notevoli progressi in medicina e chirurgia. Compaiono sul finire del secolo i nuovi cannoni francesi destinati a restare sostanzialmente immutati fin quasi al XIX secolo: proprio questi cannoni decretano la fine della fortificazione tradizionale, insieme a quella del Medioevo.[17]

Circa gli elenchi precedenti, occorre fare una basilare precisazione: più ancora delle fonti scritte, spesso lacunose, confuse e d'improba decifrazione quando si riferiscono a novità tecnologiche, contano per ricerche del genere le fonti iconiche. Queste che, non di rado, raffigurano il dispositivo in questione con tanta precisione da renderne oggettiva e facile l'identificazione, sembrerebbero coincidere cronologicamente con la sua comparsa, per cui ne suggerirebbero la datazione. Ma questa conclusione è purtroppo fuorviante, perché, e per ragioni facilmente condivisibili, gli artisti ed anche i semplici scalpellini, tendevano a rappresentare le soluzioni tecniche più tradizionali, le macchine più arcaiche e non quelle più avanzate, essendo le prime facilmente identificabili da tutti, ma non così le seconde. Singolarità, del resto ancora vigente, persino nella segnaletica stradale: nessun treno ormai da decenni è trainato da locomotive a vapore, ma queste restano sui segnali; nessun autoveicolo usa da oltre mezzo secolo una tromba azionata da una pompa a mano di gomma, ma questa sta ancora sui segnali! Se ne conclude, perciò, che la datazione della raffigurazione iconica non può considerarsi la datazione dell'avvento della novità tecnica, ma solo della sua prima raffigurazione a noi nota, sussistendo fra le due date non di rado un ampio intervallo cronologico.

17 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica, dal Medioevo al Rinascimento*, Firenze 1957, pp. 24-27.

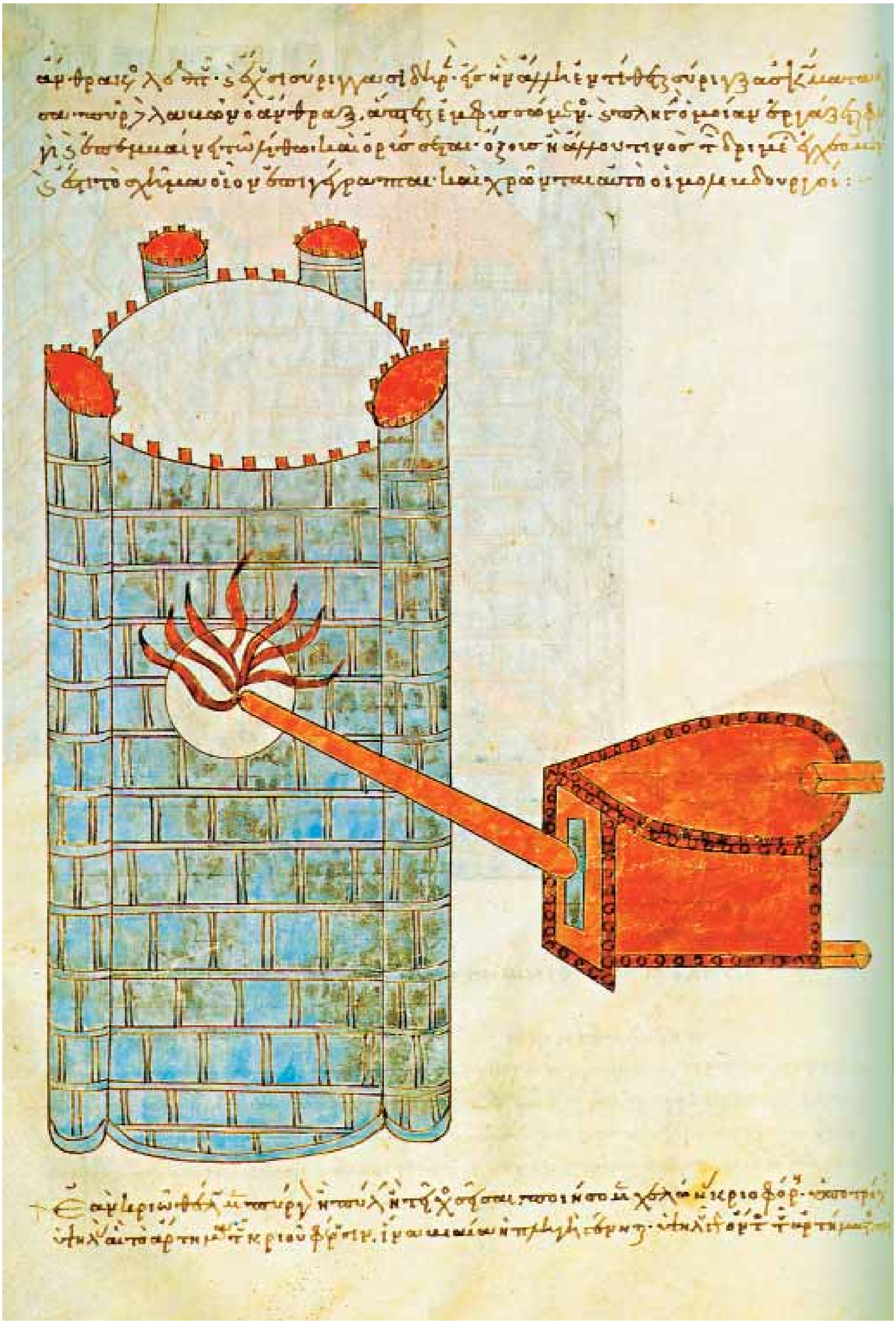
Osservazioni tecnico-militari

Il più originale apporto tecnologico del Medioevo, come accennato, si ebbe in ambito militare, ed in particolare in quello delle armi. Furono le armi dei barbari, del resto rozze ed efficaci, a sancire il collasso dell'Impero, favorendo già in precedenza il loro dilagare. Tra queste la lunga spada, da taglio e da punta, che quando maneggiata dall'alto in basso, cioè da sopra a una comoda sella, capace di fondere in stretta simbiosi uomo e cavallo, esaltata pure dalla saldezza fornita dalla staffa, diveniva un antesignano sistema d'arma. Discorso simile per la lancia, non più scagliata ma portata ad impattare direttamente e violentemente grazie alle staffe.[18]

La stabilità consentita dalla staffa, in realtà, non fu la premessa della cavalleria, ma al più uno dei presupposti, poiché già la sella dall'alta sponda posteriore l'aveva fornita. È, però, innegabile che per essere estremamente economica, di facilissima costruzione e di efficace impiego, finì per costituirne quasi l'emblema, venendo persino inclusa tra le rare invenzioni dell'alto Medioevo, pur essendo originaria dell'India, e del II secolo a.C.[19] Discorso analogo per la produzione dell'acciaio dal ferro, del quale i barbari erano abili fabbri, e prima ancora fonditori e minatori. Una produzione quasi esclusiva di co-

18 M.HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa*, Bari 1978, pp. 5-7.

19 M.BLOCH, *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, Bari 1996, p. 208.



razze e spade di superba qualità, che finirà per connotare l'intera epoca per quella del ferro da guerra, sebbene l'acciaio fornirà anche ottimi attrezzi per l'agricoltura, nonché longeve molle.

Un misconosciuto apporto al progresso tecnologico si ebbe all'indomani del sacco crociato di Costantinopoli del 1206, quando giunsero in Occidente, sulle navi di Venezia, non solo opere letterarie, ma manoscritti e codici scientifici.[20] Il greco non lo sapeva nessuno ma i disegni li capivano tutti ed improvvisamente esplode, nel cuore del Medioevo il culto, più che la cultura, dell'ingegneria, ovviamente militare, la più richiesta e remunerata. Culto che non sa distinguere il verosimile dal vero, il possibile dall'assurdo, l'utopia dal progetto! Un proliferare di adepti della nuova disciplina, tra i quali non mancano ex medici, notai, avvocati e persino monaci, che danno origine ad un fiorire di taccuini meccanici, di schizzi, di annotazioni sulle più incredibili macchine belliche.[21] Sembrerebbe, in definitiva, il trionfo della genialità umana, l'età dell'oro dell'invenzione tecnica: in realtà si tratta solo della riscoperta, acritica ed esagerata, di remote conoscenze, che richiederanno lunghe sperimentazioni per divenire qualcosa di più di mere elucubrazioni! E quando, dopo la conquista turca di Costantinopoli nel 1453, arrivano in cristianità altri codici ancora, ma questa volta insieme agli scampati studiosi bizantini, grazie al loro insegnamento del greco, se ne comprenderanno pure i contenuti, dando vita alla seconda e consapevole ondata tecnologica, di gran lunga più feconda e rivoluzionaria che coinciderà, e forse contribuirà, al concludersi del Medioevo. Forse non è una mera coincidenza che Ruggero Bacone abbia pubblicato la formula della polvere pirica, alcuni decenni dopo il primo sacco di Costantinopoli, e Carlo VIII abbia costruito i suoi rivoluzionari cannoni alcuni decenni dopo il secondo!

L'inizio del Medioevo

Per molti storici la fine del mondo antico ed il debutto di quello medievale iniziano a manifestarsi nel III secolo, in concomitanza, se non proprio in conseguenza, della grande crisi economica dell'Impero romano, che ne fu l'inequivocabile precursore.[22] Ne scaturì un'antesignana economia di guerra, contrassegnata da inflazione e svalutazione monetaria, ma da esiti complessivi non del tutto negativi, proprio per il ruolo sostenuto dall'esercito, che potrebbe definirsi di ridistribuzione della ricchezza.[23] Il sistema quand'anche apparentemente efficace non possedeva, tuttavia, il requisito indispensabile dell'incremento dell'occupazione e della relativa produzione e finì perciò per scadere in una sterile autarchia. Le immense basi legionarie permanenti, ormai radicate sul territorio, si mutarono così in altrettanti centri autonomi, in mercati importanti dove i prodotti civili affluivano per soddisfare le esigenze dei soldati. Le armi, ad esempio: "*rappresentavano un'altra spesa importante per i soldati che dovevano farsene carico, contrariamente a quel che accade negli eserciti moderni: nei secoli I e II ogni militare pagava il proprio equipaggiamento, nel III secolo invece era lo Stato a fornirlo, ma si rifaceva effettuando un deduzione sulla paga. Così pure le uniformi, i vestiti e le tende non erano in dotazione da parte dello Stato. Inoltre l'esercito utilizzava animali da basto, buoi da aratura sui* prata*... e cavalcature, cavalli e cammelli. Infine, i soldati si comportavano come ogni consumatore relativamente agiato*... [che fa] *acquisti diversi...*".[24]

Facile immaginare la mole e la varietà di quegli scambi, nonché la miriade di aziende che gravitavano nei paraggi per produrre quei beni: un vasto indotto alimentato dal soldo dei legionari che andò, sia pur lentamente, arrestandosi. Senza contare che molti di quei beni, venivano prodotti sempre più spesso nelle officine e nei laboratori delle stesse basi, secondo una prassi di tipo proto industriale. In ogni grande fortezza, pertanto, si organizzarono delle *fabbricae* il cui compito consisteva nel produrre i materiali e le attrezzature necessarie alla legione, in ogni sua necessità. In particolare venivano realizzati mattoni e tegole, tubature di piombo e chiavi d'arresto di bronzo, ed innumerevoli altri generi di largo consumo, tutti marchiati col sigillo ed il numerale della stessa unità. Probabile che quei

20 Cfr. L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna,* Milano 2003, p. 384.
21 Cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore...,* cit., pp. 174-81.
22 E. GIBBON, *Storia della decadenza e caduta dell'Impero romano,* trad. G.Frizzi, Torino 1967, vol. I, pp. 77-78.

23 Y. LE BOHEC, *L'esercito romano,* Urbino 2001, p. 286.
24 Ibid., p. 291.

Sotto: *mattone con marchio legionario.*
Nella pagina a fianco: *copia medievale di un manoscritto greco.*

manufatti non fossero soltanto destinati alle strette necessità militari, ma trovassero sbocco sul mercato civile limitrofo, tanto più che un editto di Nerone esentava i militari dal pagamento delle imposte, vivacizzandone gli scambi. Inoltre la stessa unità si faceva carico della coltivazione delle terre circostanti, che non di rado destinava a pascolo per l'allevamento del bestiame, ed almeno un'iscrizione ci ha tramandato l'invio di un contingente per falciare il fieno, *vexillatio... ad fienum secandum.*[25] Lo spaccato che ne risulta anticipa, per grandi linee, l'economia curtense medievale, che pochi secoli dopo, non a caso, si aggregherà e svilupperà intorno ad una fortificazione, il castello!

La situazione, destinata inevitabilmente a peggiore, precipitò ancora più rapidamente per l'incapacità del sistema di sostenere la pressione dei barbari. Tra il 257-258 i Franchi, varcato il Reno, scorsero l'Impero spingendosi fino alla Spagna, dove misero a sacco persino Tarragona, quasi al punto di distruggerla e, quando non vi fu più nulla da razziare, presero le navi ormeggiate nei porti e passarono a devastare la Mauritania. Gli Alemanni (*allmen*-tutti uomini) nel frattempo, superato il Danubio e scavalcate le Alpi Retiche, diressero su Milano, proseguendo per Ravenna alla volta di Roma, che almeno per quella volta riuscì a stornare la minaccia. Ma negli anni successivi le scorrerie dei Goti lungo il Danubio divennero frequentissime e, non di rado, si spinsero fino alla Macedonia ed all'Italia, stentatamente contrastate in fase di rientro, dalle forze romane. Devastate poco dopo anche l'Asia minore e la Grecia: la condivisibile conclusione di Gallieno circa la assoluta impraticabilità della difesa di sbarramento significò, in pratica, la rinuncia alla difesa avanzata per quella arretrata. Tradotto concretamente, se in precedenza le stragi e le distruzioni non toccavano le vite e le proprietà dei Romani, persino quando collocate a ridosso dei *limes*, ora la situazione s'invertiva e tutti venivano a trovarsi nel campo di battaglia! Le popolazioni civili da vittime potenziali delle sole incursioni che riuscivano a sfondare le difese, divennero così vittime designate di tutte le incursioni, piccole o grandi che fossero. E scattando il contrasto militare con la razzia già molto all'interno, anche in caso di successo la produzione agricola era compromessa, esattamente come in caso di sconfitta.

Sotto il profilo strettamente tattico, infatti, la difesa arretrata dava per scontata la penetrazione nemica, affidandosi perciò maggiormente alla fortificazione

Moneta romana con l'effige dell'Imperatore Gallieno.

per contenerne i danni e salvare il salvabile. Ne conseguì che città, paesi, villaggi, fattorie isolate ed ancora ponti, granai, pozzi e monasteri, furono protetti da opere difensive più o meno pesanti, per sottrarli ai barbari[26]: l'ambiente iniziò ad assumere, dopo l'economia autarchica, anche la connotazione architettonica, tipiche del Medioevo. E si sviluppò pure, ed era una triste novità, la fortificazione civile, quella adottata, ed adattata, sulle ville rustiche e sui casali isolati, divenendo sistematica dalla metà del III secolo. L'architettura dei centri abitati fortificati e delle basi legionarie presero a convergere, ritrovandosi in entrambi gruppi di civili frammisti a guarnigioni militari. Simile, ma ovviamente d'entità minore, la trasformazione delle aziende agricole che assunsero l'aspetto di antesignani castelli ed i loro contadini di militi, convergenza di ruoli riassunta come *militarizzazione dei rurali e ruralizzazione dei militari*!

A partire dal IV secolo s'istituzionalizzano pure i *castriciani* e i *castellani*, i militari di presidio alle fortezze ed ai castelli, proprietari e coltivatori degli appezzamenti limitrofi. Il fenomeno, ancora una volta, ebbe nelle regioni orientali il suo debutto. In conseguenza: "*poiché certe truppe stavano diventando una milizia part-time di cittadini o agricoltori sedentari, la vita civile e quella militare tornarono gradualmente a coincidere; le città stavano diventando forti...[e] a loro volta, i forti si stavano trasformando in città abitate da soldati, che al tempo stesso esercitavano il mestiere di artigiani, mercanti o agricoltori. Nel caso del Limes Tripolitanus*

25 Y. LE BOHEC, *L'esercito...*, cit., p. 292.

26 Cfr. F. RUSSO, *Sotto il segno dell'aquila. Storia dell'Esercito Romano dalla Repubblica all'Impero*, Roma 2009, pp. 438-44.

(nell'attuale Libia), con i suoi centenaria - piccole fattorie fortificate o fortini autosufficienti? - l'omogeneizzazione dei ruoli fu completa..."[27]

Anche Roma non poté evitare di serrarsi all'interno di massicce mura ed a farsene promotore fu Lucio Domizio Aureliano, acclamato imperatore nel 270 e restato sul trono appena cinque anni, giusto il tempo per avviare l'edificazione della nuova cerchia. Enormi le difficoltà tecniche, economiche e psicologiche, rivelando quell'opera, impietosamente, la debolezza dell'Impero. La murazione, in opera laterizia, si snodava per oltre 19 km con circa 4 m di spessore ed una altezza media di 8 m, insistente su una profonda fondazione. Si utilizzarono tutti i mattoni reperibili nuovi, di recupero e di scarto: 383 le torri, 14 le porte, 5 le posterle, 116 i posti di guardia che ne scandivano lo sviluppo. Aureliano non la vide compiuta, essendo ucciso, nel 275, da un sicario presso Bisanzio.

Il quadro politico complessivo continuò a peggiorare, come testimoniano i ruderi delle fortificazioni erette tra il finire del III e l'inizio del IV secolo, lungo i *limes* renano e danubiano, che già ostentano i tipici canoni difensivi medievali.[28] La trasformazione non avvenne: "*perché i barbari avessero ormai imparato a demolire delle semplici mura (cosa che devono essere stati sempre capaci di fare), ma proprio per il fatto che* non *avevano sviluppato delle notevoli capacità di assedio. Se le roccheforti non avessero potuto resistere agli attacchi compatti dei nemici, la difesa 'in profondità' si sarebbe ben presto trasformata in difesa 'elastica' della peggiore specie.*"[29] Nel secolo successivo le estreme istituzioni militari si dissolsero dovunque: le legioni in Britannia intorno al 450, sotto Valentiniano, quelle in Spagna poco dopo, con l'invasione visigota; tra il 470-480 quelle della Gallia e dell'Illiria e forse anche dell'Italia, quando l'ultimo imperatore Romolo Augustolo fu deposto da Odoacre e confinato nel 476, a Napoli, fra le rovine di quella che era stata la splendida villa di Lucullo e che diverrà il Castello dell'Ovo.

Castelli e cavalieri

Se l'impiego generalizzato della fortificazione, più noto come incastellamento, sotto il profilo architettonico è considerato una peculiarità del Medioevo, sotto quello militare lo fu, in misura maggiore, lo sviluppo della cavalleria. Da intendersi, ovviamente, come formazione capace di spostarsi rapidamente e di combattere a cavallo, con le inevitabili conseguenze tecniche, economiche e sociali che all'epoca comportava. I capi di quelle torme, più o meno numerose, di seguaci a cavallo, pomposamente autodefinitisi re, mai riuscirono ad estendere la loro autorità, al di là del brandello di territorio su cui stavano insediati. A dimostrarlo basterebbe la necessità del continuo errare di tali assemblee, da un punto all'altro di quegli evanescenti aggregati, cercando di sopperire direttamente alle peggiori carenze di sicurezza e di giustizia, ammantando i propri membri di tronfie designazioni gerarchiche prive, però, di qualsiasi affinità con le omonime imperiali. Ed è, senza dubbio, in quello scimmiottare un mondo, di cui subivano il fascino, la

27 E. N. LUTTWAK, *La grande strategia dell'impero romano*, 1981, Milano, p. 225.
28 Cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma 2005, vol. II, capitolo I.

Roma, un tratto delle mura aureliane.

29 E. N. LUTTWAK, *La grande strategia dell'impero...*, cit., p. 183.

conferma della incessante aspirazione alla sua ricostituzione!

Logico, pertanto, considerare i regni barbari che si spartiscono l'Impero d'Occidente, dei regni romani imbarbaritisi[30], che ambivano ad essere considerati tali. Non a caso, ad onta della loro: "*origine teutonica, i primi re merovingi erano disposti a considerarsi generali o magistrati romani. Usavano le insegne e le monete romane e, con vero spirito imperiale, rifiutavano di riconoscere frontiere ai loro domini...*"[31] Nonostante ciò, fu proprio la dinastia dei Meronvingi quella che si protrasse più a lungo, riuscendo ad ampliare a dismisura il suo regno, fra il V e l'VIII secolo. Rappresentò, perciò, se non la prima in assoluto, l'unica che si cimentò, senza grande successo, nella ricostituzione dell'Impero. Vi riusciranno i Carolingi, dinastia nuova e miraggio vecchio! Del capostipite sappiamo soltanto che combatté valorosamente i Frisoni, che ebbe un figlio illegittimo di eccezionali capacità militari, Carlo Martello (+741), e che lo incoraggiò ad incrementare la guerra contro quei barbari pagani. Questi, circondatosi di un gruppo di guerrieri temprati, mobili e disciplinati, adeguati ad impieghi d'immediato contrasto, sconfisse nel 732, presso Poitiers, l'esercito musulmano dell'emiro Abd al-Rahman ed, in particolare, la sua cavalleria leggera.[32]

Il trionfo convinse Carlo, divenuto per la vittoria *Martello*, ad istituire una forza armata permanente e regolare, fondendo la saldezza della fanteria pesante franca e la mobilità della cavalleria leggera musulmana. Ne scaturì un esercito di cavalieri catafratti, capace di raggiungere in breve ogni angolo del regno e di schiacciarvi ogni resistenza: costosissimo il loro armamento.[33] Indispensabile, pertanto, escogitare un sistema per armare e per mantenere quegli uomini che, impegnati in incessanti addestramenti, non erano più in grado di espletare alcun'altra attività. La soluzione fu la concessione a ciascuno di una proprietà terriera, tratta in genere dai possedimenti della Chiesa, dal reddito congruo allo scopo. Non era ancora un feudo ereditario, che diverrà tale solo intorno al XII secolo, ma un beneficio personale, in cambio dell'obbligo al servizio militare a richiesta del sovrano, sancito da un giuramento di fedeltà.

In pratica nella: "*prima età feudale, col termine 'cavaliere' s'indicava, anzitutto, talora una condizione di fatto, talaltra un vincolo giuridico, ma puramente personale. Ci si diceva 'cavaliere' perché si combatteva a cavallo.*"[34] E sempre per gli oneri che quella istituzione comportava, anche lo sfruttamento del successo subisce vistose modifiche e: "*all'uccisione del nemico subentra la cattura. Ora interessano il prezioso cavallo, le armi, gli ornamenti dell'avversario, e poi anche il denaro per il riscatto del prigioniero. La massa armata non nobile, gli avversari di stirpe e di fede diversa e di origine diversa, vengono abbattuti o impiccati come i contadini del proprio paese.*"[35]

30 H. PIRENNE, *Storia dell'Europa dalla invasioni al XVI secolo*, rist. Roma 1991, p. 38.
31 H. A. L. FISHER, *Storia d'Europa*, Milano 1964, p. 194.
32 C.f.r. J. F. C. FULLER, *Le battaglie decisive del mondo occidentale*, rist. Roma 1988, vol. I, p. 308.

Charles de Steuben, Carlo alla battaglia di Poitiers. 1834, Musée du château de Versailles, Francia.

La fine del Medioevo

Al pari di tutte le date convenzionali anche il 1492, anno conclusivo del Medioevo, sembra una mera indicazione scolastica. Ma, mai come in questo caso la realtà fu diversa dal momento che, in quel preciso anno e in quelli immediatamente a ridosso, una serie di eventi e di scoperte cambiò tanto drasticamente il corso della storia da imporre quasi una cesura epocale. Dal concludersi della *Riconquista spagnola*, culminata con la presa di Granada e la cacciata degli ultimi Mori e degli Ebrei, alla scoperta dell'America nel 1492, dalla morte di Lorenzo il Magnifico all'elezione di Alessandro VI, sempre nel 1492, dalla diffusione della stampa al debutto dei rivoluzionari cannoni di Carlo VIII, nel 1493, fu un serrato susseguirsi di novità stravolgenti. Creatori e

33 F. HERR, *Il Medioevo*, Verona 1966, p. 27.
34 M. BLOCH, *La società...*, cit., p. 356.
35 F. HERR, *Il Medioevo...*, cit., p. 28.

al contempo creature di quella vera rivoluzione culturale gli artisti-ingegneri, la cui opera venne ricercata e incitata quasi dalla mutata sensibilità nei confronti delle attività manuali. Tra le cause, anche il monachesimo, in particolare quello benedettino, che pose il lavoro alla base della sua stessa regola senza differenziarne le diverse estrinsecazioni. Che i monaci copiassero degli antichi manoscritti o zappassero l'orto, che estraessero farmaci dalle erbe o accudissero agli animali, non dava origine ad alcuna preminenza gerarchica essendo, in ultima analisi, proprio il non disdegnare il lavoro manuale da parte dei religiosi la vera novità.

Avviato il processo, col tempo se ne ampliò la portata, per cui sul finire del XIII secolo si giunse addirittura ad integrare le sette nobili arti intellettuali del trivio e del quadrivio, con altre sette ormai reputate da tanti studiosi non meno nobili: le arti tecniche, del lavoro degli specialisti. In particolare si distinse al riguardo Raimondo Lullo, nato a Palma de Maiorca nel 1235 e per puro caso mortovi nel 1316, singolare figura di filosofo, scrittore e missionario fra i più celebri del tempo. Volendo ridurre all'essenza la sua dottrina, si può considerare un tentativo, senza dubbio di estrema suggestione ed importanza, ed in quanto tale precursore dell'enciclopedismo di Diderot e dell'evoluzionismo di Darwin. In breve propose un criterio per ricondurre, quasi per una sorta di derivazione genetica, tutte le scienze e le attività ad un archetipo comune, differenziatesi poi per successiva speciazione.

Il voler racchiudere lo scibile della realtà naturale e materiale umana esistente in una unica trattazione, costituisce un traguardo ambito e ricorrente sin dall'epoca classica, potendosi ritenere tale l'opera di Aristotele come del resto quella di Plinio. Ambizione che trovò altri fautori nel periodo alto medievale e in quello, meno critico e più dinamico, del basso medioevo. Lullo si occupò attivamente di questa ricerca ossessiva giungendo perciò a tracciarne un albero filogenetico, ovvero un diagramma arboreo nel quale vengono proposte le relazioni di discendenza comuni della diverse scienze ed attività. L'opera che meglio descrive tale concezione, esplicita sin dal titolo, è l' *Arbor scientiae*, l'Albero della scienza, che può considerarsi una antesignana enciclopedia delle scienze, un tentativo di unificazione del sapere secondo uno schema gerarchico: l'insieme che assume, l'aspetto di un albero è, nella sua sostanza, la realtà creata di Dio.

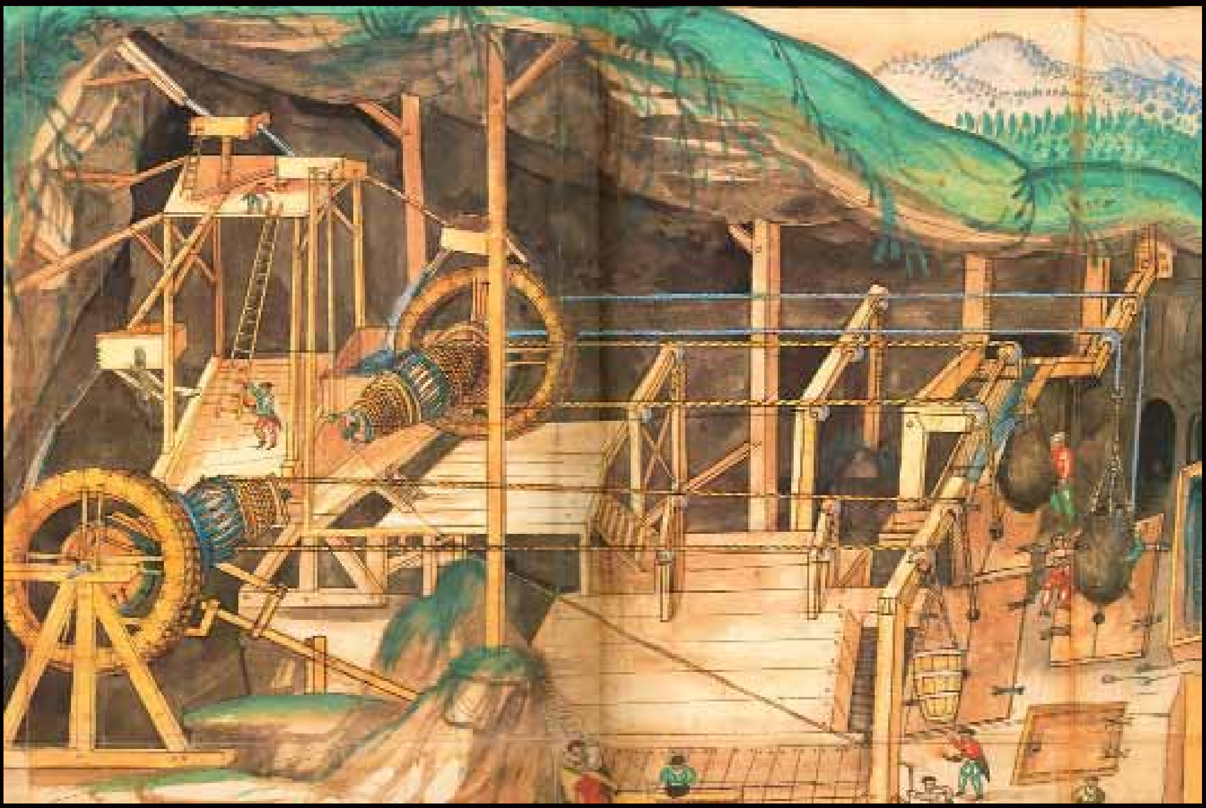
Uscendo dal generico quel suo albero, che sarà nel suo criterio informatore ripreso, più o meno immutato, da numerosi altri autori successivi, racchiude le attività umane in sette arti, come accennato, quasi in contrapposizioni con le classiche, che così vennero definite:

1 - *de arte fabrili* (metallurgia in generale e siderurgia in particolare);
2 - *de arte carpentaria seu aedificatoria* (costruzioni edili civili, religiose e militari);
3 - *de arte sartoriae* (l'intero comparto tessile, dalla produzione delle fibre alla tessitura);
4 - *de arte agricolae* (l'attività primaria, dall'aratura alla molatura del grano);
5 - *de arte mercimoniae* (il commercio, dai trasporti alle vie di comunicazione);
6 - *de arte nautarum* (la navigazione, le imbarcazioni e gli strumenti nautici);
7 - *de arte militiae* (arte militare, artiglieria, razzi e fuoco greco).

La suddivisione citata appare, per molti aspetti, precipua della tecnologia del Medioevo in ogni sua manifestazione, restandosi perciò ad evidenziare, all'interno di ciascuna *arte*, lo stimolo, la matrice e l'applicazione archetipale militare, tenendo presente che per l'età in esame ciò che conta, come più volte ricordato, non è l'atto inventivo ma la diffusione di quanto inventato o recuperato dal passato. A questo criterio si atterrà l'esposizione che segue, ampliandone magari gli ambiti per affinità concettuale e applicativa.

L'albero scientifico medico di Raimondo Lullo.

De Arte Fabrili



Ludwig Lässl, Trattato sulle grandi miniere di Falkenstein a Schwaz, 1556 ca. Österreichische Nationalbibliothek, Wien.

Militaria mirabilia

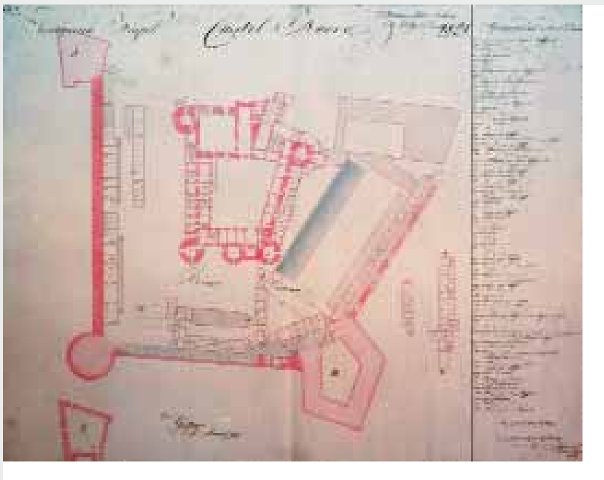
La mina

In prima da quella parte dove più comodo pare faccisi una piccola busa [cunicolo] *tanto quanto per essa entrar si possi. E questa insino alla radice d'alcuna rocca e torre overamente muro essendo al termine gionto, e sotto d'essa si facci una vacuità di piei cinque per ciascuna faccia, e per altezza vadi più al sommo che si può. E in questa vacuità sei o otto carratelli* [barilotti] *di fina polvar si metti, e la busa si venghi da la cavuità indietro di continovo murando, in esso muro interchiuso una canna col funiciel solfato* [miccia] *che da la polvar de' carratelli a la stremità di fuore si referischi. Per lo qual funiciello el fuoco da la parte de fuore attaccar si possa. E dopo el fuoco dato, assai lontano é da fuggire perché grande ruina é da stimare. E quando questo si possi esercitare non sarà fortezza alcuna che resistare possa.*

Francesco di Giorgio Martini,
Trattati f. 55v, Tav. 102

Cinque anni dopo

Secondo l'orario italico, vigente dal XIV al XIX secolo, il tramonto avveniva alle 23.30, spegnendosene il crepuscolo nella restante mezz'ora ed alle 24, con le sopraggiunte tenebre, iniziava il giorno successivo. In autunno inoltrato a Napoli le 16 corrispondono perciò alle antiche 23, e fu al loro scoccare del venerdì 27 novembre 1495 che un terrificante boato squarciò l'aria, seguito da una serie di tonfi e di schianti tipici dei crolli. Provenivano dal Castel Nuovo e, quando la densa coltre di polvere e fumo si fu diradata, ne riapparve la ben nota sagoma ma con un cumulo di macerie al posto della *cittadella*, il suo possente rivellino, antistante l'accesso alla vetusta fortificazione angioino–aragonese, dal quale si era estrinsecata la più violenta reazione francese.



In alto: *Napoli, scorcio del Castel Nuovo oggi.*

Sopra: *Napoli, planimetria della cerchia del Castel Nuovo, rilevamento cartografico fondo Konig Neaples 1821, Vienna, Archivio di Guerra [KAV].*

Pochi istanti dopo i soldati di re Ferrandino d'Aragona, da ore in trepida attesa, superarono d'impeto l'informe ostacolo, per soffocare ogni residua resistenza. Ma la guarnigione francese, che Carlo VIII dal 7 marzo aveva lasciato a presidio del castello, non era più in grado di combattere. I pochi incolumi avanzavano, storditi e barcollanti, verso gli attaccanti solo per arrendersi, mentre tutt'intorno riecheggiavano le urla dei feriti ed i gemiti degli agonizzanti, maciullati dalle pietre divelte.

La devastazione del Castel Nuovo, è stata attribuita a Francesco di Giorgio Martini, ma circa l'originalità della mina, ufficialmente la prima esplosiva in galleria della storia forse, però, ufficiosamente la seconda, sussistono motivate riserve. Dal punto di vista teorico, ad esempio, l'idea d'impiegare la polvere pirica per aprire una breccia, sembra sia stata elaborata da un ingegnere fiorentino nel 1403 contro le mura di Pisa.

In pratica non se ne fece niente a differenza del 1409, quando, sebbene in maniera nebulosa, sembra che fossero usate proprio delle cariche d'esplosivo, per demolire le mura del vecchio convento di Chablis, presso Auxerre in Borgogna.

Nei decenni successivi si colgono altre menzioni di mine, sempre alquanto ambigue, e soltanto intorno al 1450 con Mariano di Jacopo detto il Taccola, si trova finalmente l'esplicito disegno della mina esplosiva. Avverrà nel 1487, sotto la rocca di Sarzanello, l'attuazione dell'idea sebbene la carenza di dettagli, lasci il primato a Napoli.

Quanto al Castel Nuovo dimostratosi troppo vulnerabile, verrà alcuni decenni dopo serrato in una cerchia bastionata, assumendo la connotazione di un arcaico *mastio* e, perciò, la denominazione di *Maschio Angioino*!

Sopra: *Il Castel Nuovo in un particolare della Tavola Strozzi, di autore ignoto, databile al 1472, conservata presso il Museo di San Martino di Napoli.*

Sotto: *La fortezza di Sarzanello che sorge sull'omonima collina nei pressi di Sarzana, La Spezia.*

Parte Prima: *Le mine, le miniere, il ferro e le armi*

Mine implosive e mine esplosive

A Napoli al termine del Medioevo debuttò la mina esplosiva in galleria, andando ad avvicendare da quel momento quelle implosive, utilizzate da oltre due millenni.[1] In pochi decenni la precisazione di *esplosive* diverrà pleonastica essendo ormai sinonimo di esplosioni, come del resto avverrà più di recente tra miniere ed esplosivi, suggerendo per entrambe la comune etimologia nell'attività estrattiva romana, la più ampia e razionale del passato. L'ipotesi, tuttavia, è fuorviante definendosi in latino *metalla* le miniere, per cui l'esatta origine di *mina,* sta nel verbo *minuere* dal preciso senso di sottrarre, indebolire! Per pura curiosità il termine *metalla*, a sua volta, non ebbe alcuna attinenza con quelli che attualmente chiamiamo metalli, se non in maniera obliqua: deriverebbe, infatti, dal greco *meta-alla* da tradursi in latino con *inter alia,* ovvero *tra le altre cose*, definizione che implicitamente potrebbe sottintendere la ricerca tra le normali rocce dei minerali, o la loro giacitura in mezzo ad altre rocce.

L'etimologia suddetta, sottrarre o indebolire, si attaglia a quello che furono sempre e soltanto le mine in età classica[2]: un espediente usato per compromettere la stabilità delle mura di una fortificazione non facendole saltare in aria, come avverrà sul finire del Medioevo, ma crollare sotto il loro stesso peso, avendole private dell'appoggio di base. Il criterio archetipale è ovvio: esistendo solo tre modi per violare delle mura di cinta, ovvero scavalcarle con le torri d'assedio, sfondarle con gli arieti o passarvi sotto con dei cunicoli, le mine furono la terza. Procedura ampiamente sperimentata derivando dall'osservazione del lavoro dei conigli -in latino *cuniculi*- che presto si differenziò in tre branche[3]: cunicoli d'at-

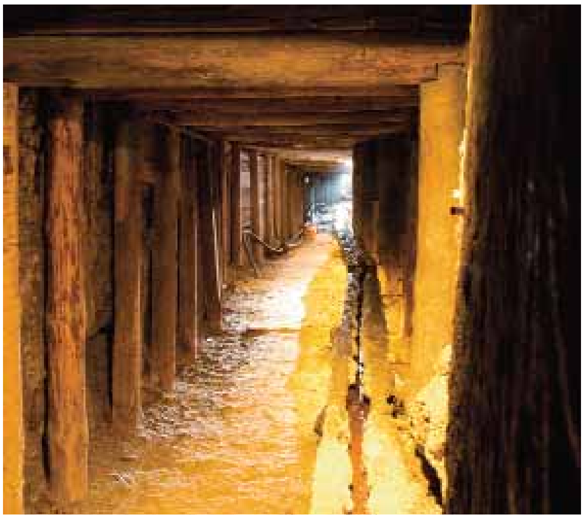
1 P.PIERI, *Il Rinascimento e la crisi militare italiana,* rist. Torino 1970, pp. 361-62, precisa che fu: "*una mina a polvere esplosiva, la prima pienamente riuscita in tutta la storia della tecnica militare e dovuta esclusivamente a ingegneri italiani...*".

2 Cfr. Y.GARLAN, *Guerra e società nel mondo antico,* Imola 1983, pp. 178-81.

3 Cfr. J.BONETTO, *La guerra sotterranea. I passaggi ipogei nella poliorcetica greca e romana: fonti e archeologia,* Geoitalia 2009, VII Forum Italiano di Scienze della Terra, Rimini 9- 11 settembre 2009, pp. 8-9.

Sotto: *Minatori di età classica in una raffigurazione vascolare.*
In basso: *Minatori al lavoro in un bassorilievo d'età imperiale proveniente dall'area archeologica di Palazuelos in Spagna.*

tacco per irrompere nelle città assediate, per recidere le condotte idriche sotterranee che le rifornivano e per scavare sotto le mura, provocandone il crollo. Alle applicazioni militari si affiancarono per le esperienze acquisite numerosi impieghi civili che andavano dai tunnel per drenaggio delle acque a quelli per la captazione, da quelli per le coltivazioni minerarie a quelli stradali. Si formò così un settore di specialisti utilizzati in pace e, soprattutto, in guerra, negli investimenti ossidionali: il vanto di quest'ultimi consisteva nel saper vincere i quattro elementi empedoclei: l'acqua che invadendo gli scavi poteva annegarli; l'aria scarsa e spesso letale per le esalazioni tossiche nemiche; il fuoco sempre in agguato appiccato dalle lanterne o dai difensori; la terra che, in ogni istante, poteva seppellirli con improvvise frane. Di tutte questa costituiva l'evenienza più temuta, che si scongiurava con spessi puntelli di legno, sormontati da travi e tavoloni: un'immagine abbastanza fedele di quelle gallerie la si ricava dalle foto delle ultime miniere con armamento di legno[4], a *quadro intero*, con due gambe convergenti superiormente e un cappello di spesse travi incastrate fra loro. Non osservandosi, fin quasi allo scadere del Medioevo, alcuna significativa evoluzione delle mine rispetto a quelle dei due millenni precedenti, è interessante prima di descrivere quelle esplosive e le relative implicazioni militari, descrivere anche le mine implosive e dei sistemi di contromina escogitati.



4 Cfr. L.GERBELLA, *Arte mineraria*, Milano 1960, pp. 142-44.

A fianco, dall'alto:

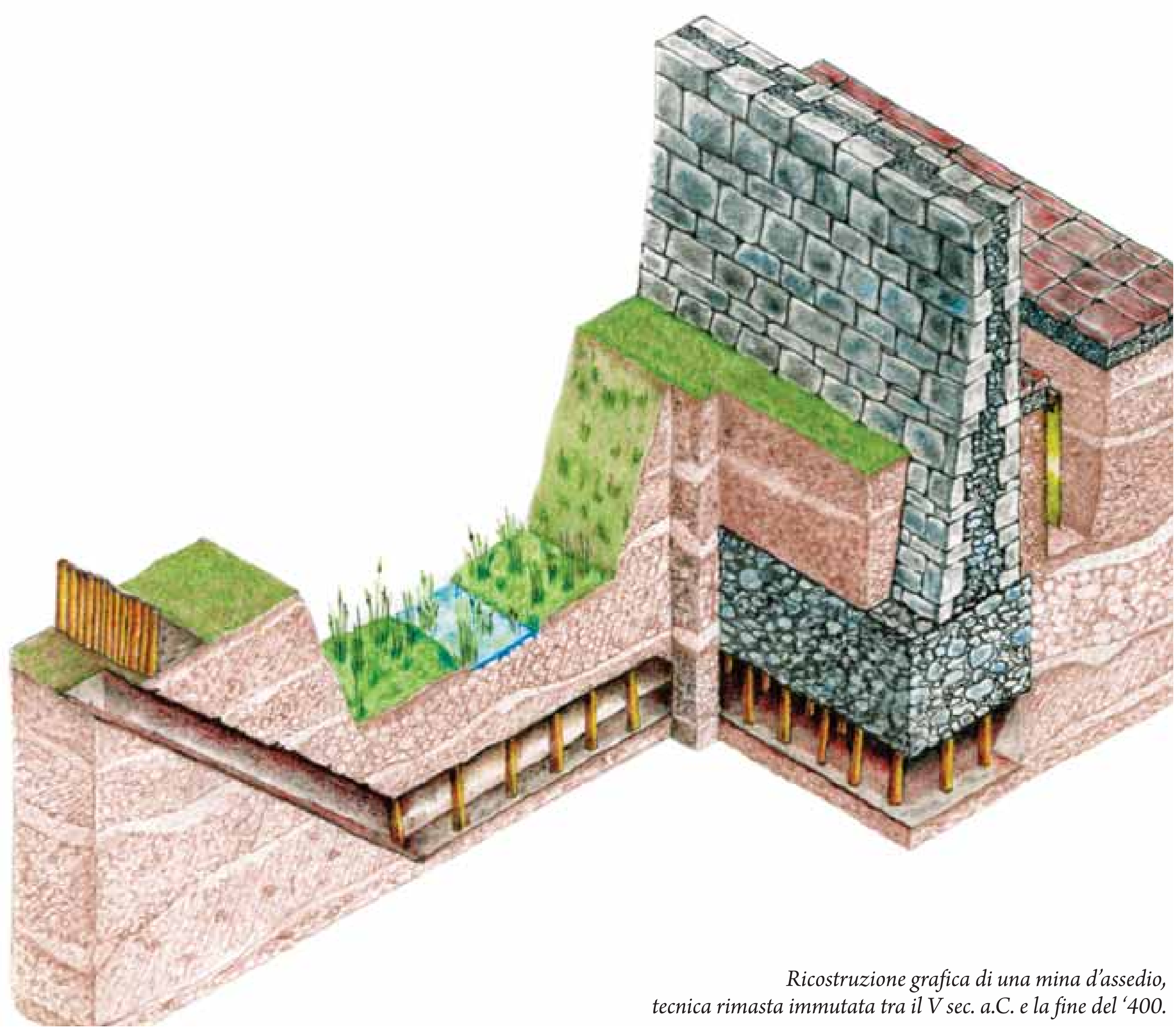
L'acquedotto sotterraneo di Eupalino, costruito sull'isola di Samo nel VI secolo a.C. su ordine del tiranno Policrate, per evitare che alla città potesse essere interdetto l'approviggionamento idrico.
L'imbocco nord del tunnel di Furlo aperto da Vespasiano nel 76 d.C., sulla via Flaminia Antica, nei pressi di Fossombrone nelle Marche.
L'armamento in legno di una antica miniera, non molto diverso da quello usato nell'antichità: il sistema ripreso nella foto è definito a quadro intero, ed è ottimale per l'attraversamento di strati rocciosi a bassa coerenza.

Mine e contromine

Lo scavo delle mine d'assedio si avviava al di fuori del tiro degli assediati, con un cunicolo di avvicinamento che, passando sotto il fossato, raggiungeva la fondazione delle mura. A quel punto si iniziava a toglierle da sotto il terreno su cui insisteva, creando una cavità lunga un centinaio di metri e larga un paio, avente come cielo la stessa fondazione. Per evitarne il crollo prematuro la si sosteneva con numerosi puntelli di legno ai quali al termine dei preparativi, si appiccava il fuoco.[5] Poche ore dopo, le mura scrosciavano rovinosamente sotto il loro stesso peso: affinché si aprissero in breccia, permettendo l'irruzione in forza degli assedianti, era necessario, però, che il cedimento avvenisse per rotazione verso l'esterno della fondazione minata e non per semplice collasso. In quest'ultimo caso, infatti, confermato da vistosi esempi archeologici, le mura sarebbero solo sprofondate di alcuni metri, senza rovesciarsi, continuando perciò a fornire una discreta protezione. Per ottenere la suddetta rotazione occorreva che la larghezza della mina fosse limitata ai due terzi esterni della fondazione, lasciando così al terzo residuo interno la funzione di perno. Operazione molto semplice da pianificare a tavolino, ma irta di difficoltà nel buio dello scavo, senza precisi ragguagli sull'effettiva larghezza della fondazione e senza potersi di orientare in modo attendibile. Ad aggravare le difficoltà ed i pericoli la reazione nemica, che anche in quella guerra di talpe non si fece attendere, meritandosi la definizione di guerra di contromina, con l'impiego di aggressivi gassosi letali.

Un emblematico riscontro delle tecniche di contromina e dell'impiego di gas asfissianti si ritrova nell'assedio di Ambracia, condotto da Romani nel

5 Cfr. Y.GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque,* Paris 1974, pp. 144 e sgg.



Ricostruzione grafica di una mina d'assedio, tecnica rimasta immutata tra il V sec. a.C. e la fine del '400.

189 a.C. e così rievocato, per la parte che ci riguarda, da Polibio[6]:

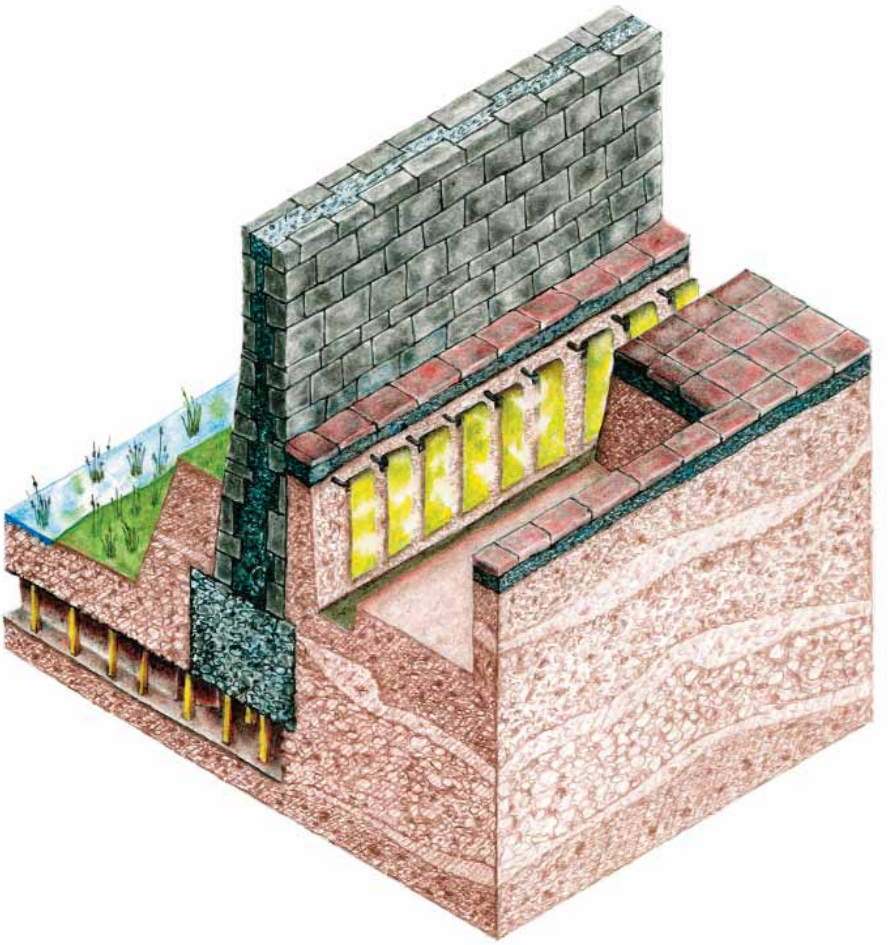
Gli Etoli, assediati dal console Marco Fulvio, pugnarono valorosamente contro le macchine e gli arieti ch'erano stati accostati... [E] *battendo i Romani cogli arieti continuamente le mura, ne cadeva sempre qualche pezzo; tuttavia non riuscivano nonostante i crolli ad entrare nella città, perché i difensori rapidamente le ricostruivano, combattendo vigorosamente sulle sezioni danneggiate. Quindi non sperando di espugnare d'assalto la città, optarono per le mine... realizzarono una galleria parallela al muro di circa 60 m di lunghezza, e da questa scavarono senza posa giorno e notte. Per diversi giorni gli assediati non se ne accorsero, avendo i Romani cura di allontanare di nascosto la terra di scavo...*

I geofoni

Lo scavo delle mine, implosive o esplosive che fossero, per la percussione degli utensili impiegati, piccone e gravina, produceva un discreto rumore che si neutralizzava a pochi meri di distanza. Con opportuni strumenti, però, poteva essere percepito, svelando così sia l'adiacenza della mina e la sua direttrice d'avanzamento ma anche, segnale temutissimo, con il silenzio assoluto l'imminente attivazione. Nella grande guerra tali strumenti furono definiti *geofoni*, microfoni meccanici simili, in sostanza, a dei grossi stetoscopi, e poi elettrici, detti propriamente *sismomicrofoni*, capaci entrambi di captare rumori a frequenze bassissime scarsamente percepibili, o infrasoniche, non percepibili affatto dal semplice orecchio umano, rendendoli mediante opportuni amplificatori udibili, più o meno intensamente, a seconda delle vicinanza della sorgente. Uno strumento del genere consisteva in: "*una cassetta di legno di essenza forte che nell'interno contiene essenzialmente un ambiente pieno di mercurio e, ad esso adiacente una camera d'aria la quale è in comunicazione con un tubo auricolare. Poggiando la sua la scatola di legno, l'energia sonora passa dal suolo alla camera d'aria attraverso le vibrazioni cui soggiacciano sia il legno sia il mercurio; la colonna d'aria della relativa camera e dell'auricolare entra così in vibrazione ed eccita l'udito di chi sta in ascolto.*"[7] Quanto alle prestazioni di quel rudimentale strumento venivano stimate circa doppie di quelle del normale udito: "*un martello perforatore (a*

6 POLIBIO, *Le storie*, XXI, 28 7-9.
7 F.GATTA, *L'ascoltazione nella guerra sotterranea*, in *Sapere*, n°82, Milano1938, p. 338.

Dall'alto: Gli effetti di una mina implosiva: le mura, nella fattispecie di Dura Europos, sono sprofondate per un'ampia sezione senza però rovesciarsi.
Un'altra mina di Dura Europos, con rotazione delle fondazioni: le mura oltre a sprofondare tendono ad abbattersi verso l'esterno.
Un dettaglio dello sprofondamento di una cortina per effetto di una mina.



È evidente che disporre delle file di lamiere odi recipienti metallici, anticipava l'uso del doppio geofono, indicando perciò anche la direzione dello scavo nemico in maniera del tutto analoga, rendendo per di più percepibili anche gli infrasuoni. Forse è in questa ultima potenzialità uditiva la spiegazione della capacità, in più occasioni rivelata da molti animali, di prevedere i terremoti! Va al riguardo osservato che il suono in terreni compatti viaggia ad una velocità quasi 10 volte superiore che in aria, e di più ancora se rocciosi, per cui, anche quando percepibile, giunge prima, e meglio, ai geofoni che alle orecchie. Il che spiega l'attuale adozione in sismologia, in vulcanologia e in geologia.

Il criterio informatore del geofono, come tanti altri, ai giorni del Col di Lana[9] non era da tempo un'assoluta novità, ritrovandosene menzione nelle rievocazioni degli storici a partire dal V sec. a.C. e funzionava per risonanza.

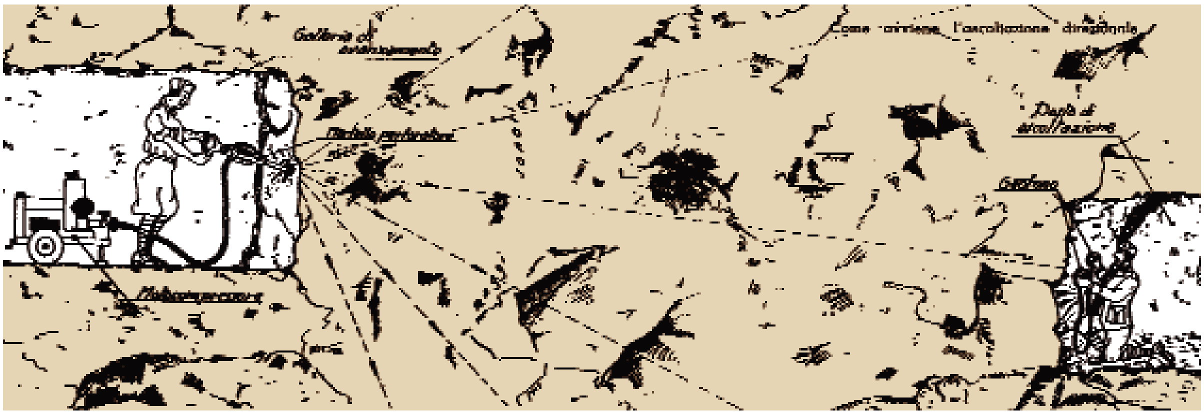
Sopra: *Ricostruzione grafica della mina d'Ambracia e dei fogli di lamiera di bronzo usati per individuarla.*
In basso: *Cratere del Col di Lana, prodotto dall'esplosione di 5 t di gelatina dinamite, il 17 aprile 1916 alle 23.35.*

seconda della natura della roccia) si sente fino a 150 m; la mazzetta battente sul pistoletto a circa 80 m; il piccone a 60 m; le parole fino a 20 m.

Per determinare la direzione della sorgente sonora si ricorre ad una coppia di geofoni ciascuno collegato ad un auricolare in guisa da poter effettuare l'ascoltazione con ambo le orecchie... Per l'ascoltazione direzionale si tengono i geofoni a non oltre 60 cm di distanza e si ricerca la posizione che annulla la differenza di fase del suono."[8]

9 Sulle esperienze relative all'impiego della gelatina nelle prodromiche all'esplosione che il 17 aprile del 1916 con 5 t di gelatina fece saltare la cima del Col di Lana cfr. Esperienze di mina eseguite in alcuni forti in costruzione con esplodenti a base di nitroglicerina della fabbrica di Avigliana, in *Rivista artiglieria e genio*, vol. I, Roma anno 1886, pp. 578-594.

8 F.GATTA, *L'ascoltazione...*, cit., p. 338



Così in merito prosegue la narrazione di Polibio sull'assedio di Ambracia:

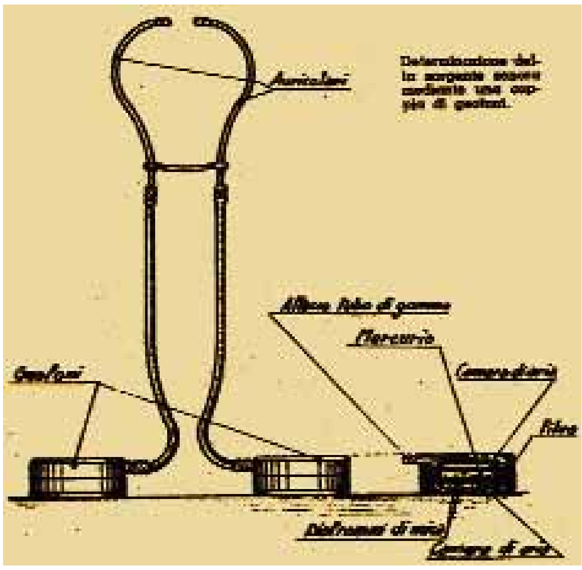
ma quando il suo cumulo divenne comunque visibile, i soprintendenti alla difesa fecero scavare una trincea interna corrente alla base del muro. Raggiunta la profondità opportuna, posero lungo la trincea dal lato del muro, dei vasi, [o dei fogli di lamiera] *di rame molto sottili, come dei bacili; camminando nella trincea vicino ad essi, sentivano il rumore prodotto da quelli che scavano la mina. Notata la direttrice dal vaso che più risuonava, scavarono un'altro cunicolo per intercettare il nemico.*

Stando ad alcune fonti, il dispositivo consisteva in una serie, quasi continua, di sottili vasi di rame o bronzo, disposti in una trincea aperta lungo il piede interno del muro di cinta; secondo altre in sottili strisce di lamiera di bronzo, sospese una a fianco all'altra lungo la stessa trincea. Quali che fossero, meglio di bronzo per la nota sonorità, ricevendo le vibrazioni dal perno di sospensione, trasformandole in ronzio, notificavano ai tecnici l'adiacenza della mina. Anche allora non fu una novità, dal momento che Erodoto[10] tratteggia qualcosa di simile all'assedio di Barca nel 512 a.C., allorquando un oscuro fabbro si avvalse di scudi appoggiati al muro.[11]

Ad Ambracia, l'ascoltò rivelò l'imminenza dell'incendio dei puntelli, provocando il frenetico scavo della contromina, non più lunga di una decina di metri, così rievocata sempre da Polibio:

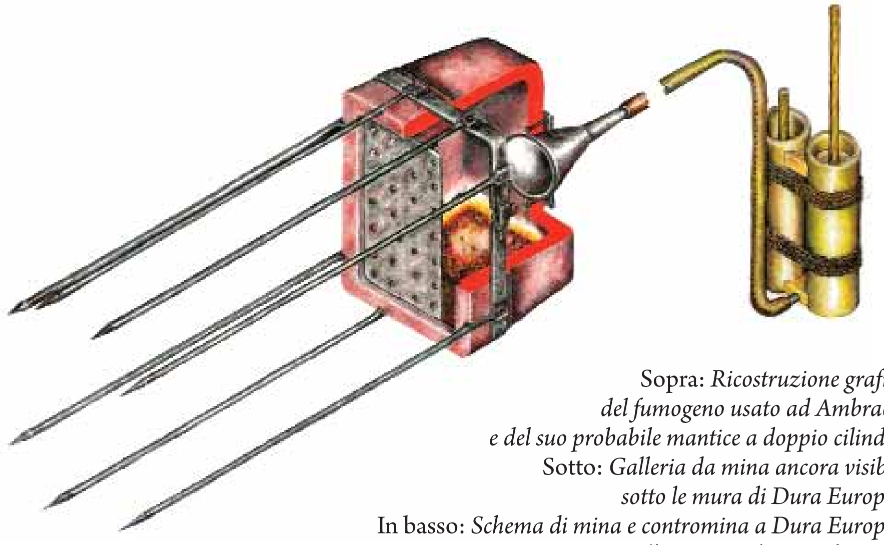
L'incontro avvenne, perché i Romani non solo erano giunti sotto la fondazione, ma ne avevano

10 ERODOTO, *Storie*, IV, 200.
11 Cfr. ENEA TATTICO, XXXVII, 5-6-7.

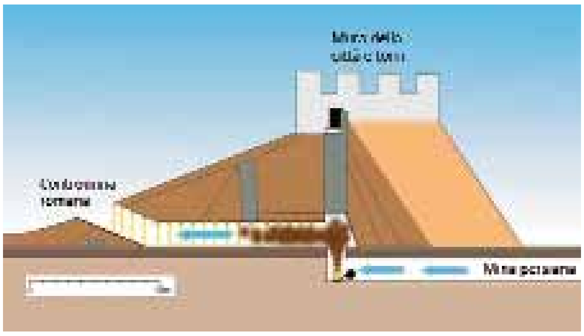


In alto: *Schema di utilizzo dei geofoni nella Grande Guerra. Da Sapere*, n°82, Milano1938.
A fianco, sopra: *Disegno di geofono militare del 1916. Da Sapere*, n°82, Milano1938.
A fianco: *Sismofono di Perret, 1906, per le indagini vulcanologiche vesuviane.*

anche puntellato un buon tratto, da entrambi i lati della galleria. Subito si scontrarono con le lance, senza però significativi risultati, riparandosi entrambi con gli scudi. Qualcuno degli assediati propose allora di porre davanti una vaso di terracotta, largo quasi quanto il cunicolo, con il fondo forato e raccordato tramite un imbuto ad un tubo di ferro, colmandolo di piume e con un poco di brace alla bocca, dietro un coperchio di ferro crivellato. Diretto il vaso verso i nemici, sigillati gli interstizi con il cunicolo, ad eccezione dello spazio sufficiente a far passare due lance per ogni lato, ad evitare che potessero accostarvisi, adattarono un mantice da fabbro, al tubo ed iniziarono ad insufflarvi aria violentemente. Dalla bocca iniziò subito ad uscire un fumo molto acre ed irritante, che invase la mina dei Romani, per cui questi non poterono più restarvi.



Sopra: *Ricostruzione grafica del fumogeno usato ad Ambracia e del suo probabile mantice a doppio cilindro.*
Sotto: *Galleria da mina ancora visibile sotto le mura di Dura Europos.*
In basso: *Schema di mina e contromina a Dura Europos, con l'emissione di gas asfissiante.*



I fumogeni

Compare a questo punto un nuovo congegno, che sarebbe corretto definire *fumogeno*, costituito da un recipiente di terracotta, un vaso a cassetta, collegato ad un mantice tramite un imbuto sul fondo, e con la bocca anteriore chiusa da una lamiera crivellata, con dentro brace e piume. La combustione di queste, per effetto della brace attizzata dal mantice, forse del tipo bicilindrico, sviluppava un fumo acre e denso che l'aria, insufflata in grande quantità, spingeva fuori dalla bocca. Le piume, composte sostanzialmente di cheratina, al pari dei capelli e della lana, bruciando emanano un odore sgradevole ed un fumo irrespirabile, non tossico ma irritante e soffocante, per gli amminoacidi contenenti zolfo. Diveniva letale con altro zolfo che, combinandosi con l'ossigeno si trasforma di biossido e reagendo con l'umidità ambientale, diviene acido solforoso che provoca emorragie alle vie respiratorie e asfissia.

E fu verosimilmente ottenuto proprio dalla combustione dello zolfo con il bitume, il gas asfissiante che i Sassanidi usarono nel 256 contro i Romani da loro assediati a *Dura Europos*, città fondata da Seleuco I nel IV sec. a.C., conquistata da Traiano nel 165 ed espugnata meno di un secolo dopo, finendo abbandonata.[12] I ruderi delle sue mura conservano diverse testimonianze delle mine, tra cui quella scavata presso la torre 19, per provocarne il crollo, intersecata proprio lì da una contromina, scavata dall'interno della cerchia. In corrispondenza della loro intersezione, che si suppone sia invasa dai gas tossici emessi dagli assedianti, sono stati rinvenuti i

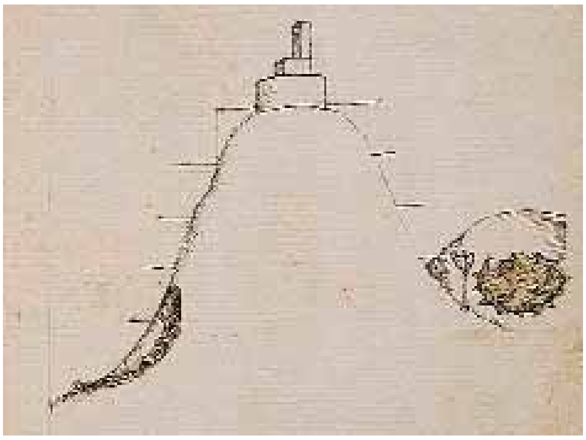
12 Cfr. S.JAMES, *Excavations at Dura-Europos 1928-1937,* pp. 188-89. Ed anche cfr. S.S.PATEL, *Earliest Chemical Warfare-Dura Europos, Syria,* in *Arhaeology,* vol. 63, n° 1, gennaio-febbraio 2010.

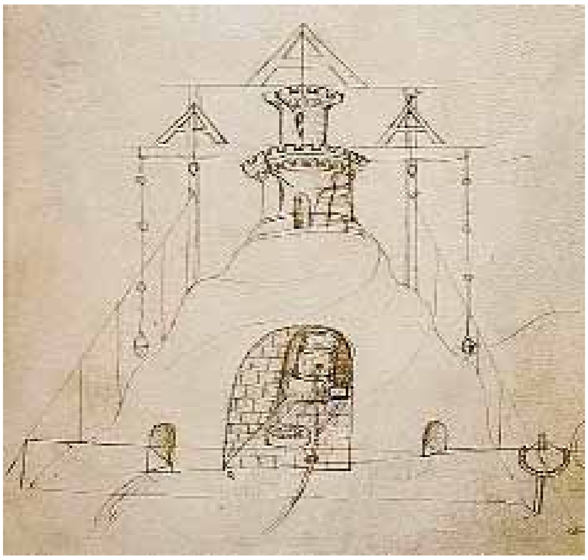
corpi di oltre 15 soldati, privi di ferite e che indossando ancora la panoplia, morirono gasati nei combattimenti sotterranei.[13]

La mina esplosiva

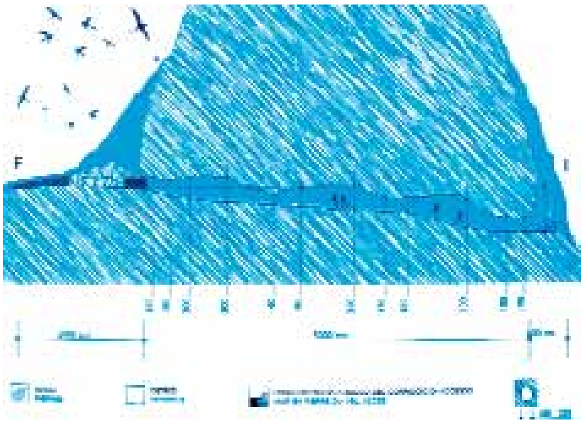
Nel taccuino del già menzionato Mariano di Jacopo, detto Taccola[14], vi sono due disegni, praticamente identici per ambientazione in uno dei quali è raffigurata una collina che viene attraversata da un cunicolo, scavato dai due imbocchi tramite un'attenta preparazione topografica. Nel secondo, la stessa collina è scossa da un'esplosione, provocata da una mina collocata nel cunicolo. Il disegno lo si ritrova più dettagliato anche in Francesco di Giorgio[15]: ma se in quest'ultimo la finalità è di tipo mi-

13 Verosimilmente appartenevano ad una vexillatio della legio III Scythica ed alla cohors XX Palmyrenorum sagittariorum equitata.
14 Cfr. B.GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Varese 1972, pp.104-05
15 Per l'esattezza nel suo trattato ve ne é anche un altro tav. 102 f.55v., dove si vede una torre diroccata da una mina esplosiva, tecnica la cui origine viene dallo stesso così ricordata: "*...siccome a Ragugia* [Ragusa] *intervenne che essendo alcuna quantità di polvere sotto el signoril palazzo, attaccatosi caso e fortuna in esso il fuoco, per la subita furia e forza d'essa, el palazzo tutto in ruina messe, und eper questo assai gente vimorì*". L'evento viene collocato tra il 1459 ed il 1463. Cfr. F.DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, a cura di C.Maltese, Verona, 1967, p.209.





In questa colonna, dall'alto: *Francesco di Giorgio Martini, Trattati f. 55v tav. 102; Mariano di Jacopo Taccola, BNCF, Palatino 766, f. 34r; Idem. BNCF, Palatino 767, f. 107.*
A fianco, in alto: *Scheletro di soldato romano ucciso dai gas in una galleria di contromina di Dura Europos.*



In alto: *Pertugio del Monviso, sull'omonimo monte nelle Alpi Cozie.*
Sopra: *Rilievo grafico della sezione del Pertugio del Monviso.*

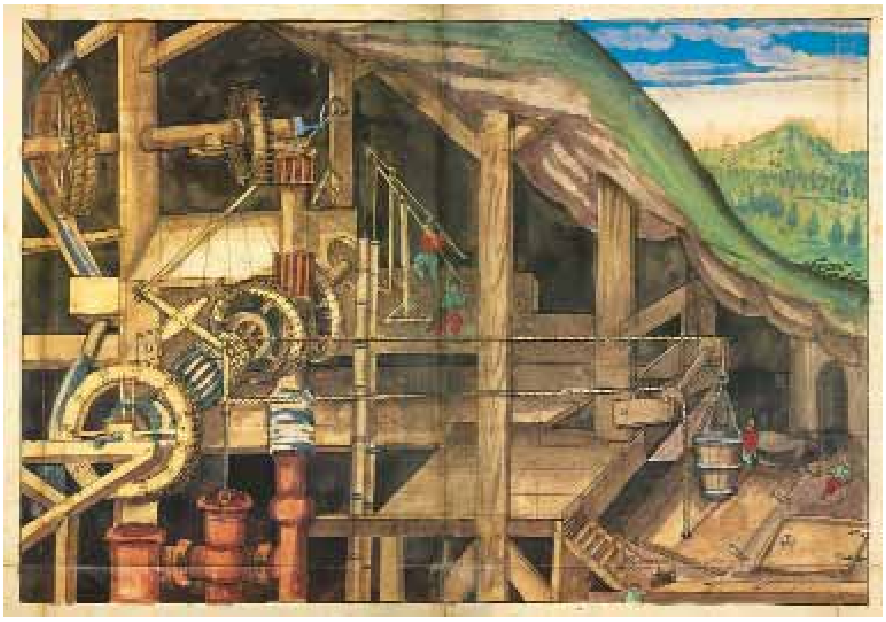
litare in Taccola è ambigua, lasciando supporre un impiego anche civile, cioè l'uso di esplosivi nello scavo di tunnel. Ipotesi affatto peregrina dal momento che una tecnica del genere sembra essere stata adoperata per traforare il Monviso, nel cosiddetto *pertugio del Monviso*, una piccola galleria scavata tra il 1478 ed il 1480, per agevolare le comunicazioni fra il Delfinato e il marchesato di Saluzzo. L'opera, detta anche *Buco di Viso*, *Buco delle Traversette* o *Pertuis du Viso* in francese, voluta dal marchese Ludovico di Saluzzo fu l'esito di un accordo stipulato il 22 settembre del 1478 ad Arles con l'ex re di Napoli Renato d'Angiò. I lavori avviati nel luglio del 1479, risultano completati l'anno seguente, contemplando una galleria lunga circa 75 m, alta mediamente 2.5 e larga circa 2, aperta a 2.800 m s.l.m.

Per la cronaca venne diffusa la diceria che quel cunicolo fosse stato scavato scaldando la roccia con roghi e raffreddandola con getti d'acqua, tecnica descritta da Diodoro Siculo e mai confermata sperimentalmente. Considerando la strettezza del traforo, che impediva un fronte d'avanzamento con più di due uomini allo scavo, l'impossibilità di accendere roghi a decine di metri di distanza dall'imbocco ed il brevissimo tempo di realizzazione, sembra di gran lunga più probabile l'adozione di esplosivi, sia pure non intasati correttamente. Tecnica tenuta segreta per evitare quella che poi, di lì a breve, sarebbe divenuta una prassi ossidionale corrente. Un'ulteriore conferma si coglie nell'apprendere che negli anni immediatamente successivi, altre mine vennero usate per allargare la strada tra Bolzano e Bressanone, notizia tramandata da un frate domenicano passatovi subito dopo con queste parole: "*Dux* [Sigismondo d'Austria] *fecit arte cum igneet bombardarum pulvere dividi petras, et scopulos abradi, et saxia grandia removeri*."[16] Non mancano, nei decenni successivi, altri accenni a simili tecniche, che, a conti fatti, ribadiscono l'uso di mine in ambito civile.

Miniere e ferro

L'attività mineraria, per la sua intrinseca complessità e per gli oneri che richiede per la messa in esercizio, implica l'esistenza di uno stabile apparato statuale, l'unico che può fornirle tutte le garanzie necessarie. Per tale ragione con il collasso l'Impero d'occidente si ebbe pure quello delle estrazioni e coltivazioni minerarie, le quali, infatti, non risultano praticate in alcun modo nell'Alto medioevo, tant'è che ignoriamo persino se la coniazione di monete auree sotto i carolingi fu ottenuta con nuovo oro o, invece, più verosimilmente fondendo il vecchio. Le notizie sull'attività mineraria riprendono solo dopo il X secolo ed il polo estrattivo non si trova in Spagna, ormai dei Mori, ma nell'Europa centrale. Nel secolo successivo si registrarono significativi progressi, anche per la crescente richiesta di ferro imposta dai coevi armamenti, che comunque non bastarono a riportare il comparto ai livelli precipui delle miniere romane. Dal XIII secolo i miglioramenti ostentano una certa originalità, soprattutto per la profondità degli scavi e dei sistemi di drenaggio delle acque. In parte questa evoluzione era dovuta all'esaurimento dei filoni superficiali che aveva costretto alla ricerca ed allo sfruttamento delle vene più profonde[17], che implicavano la soluzione di pro-

16 Da F.FABRI, *Evagatorium in Terrae Sanctae, Arabiae et Egypti peregrinationem*, Stuttgardiae 1843, p. 71.
17 Cfr. T.K.DERRY, T.I.WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968, pp. 155-85.

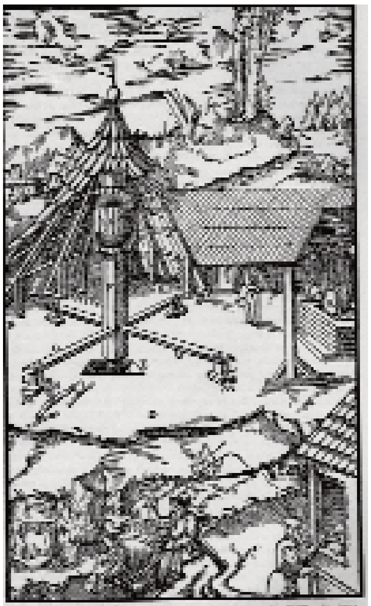


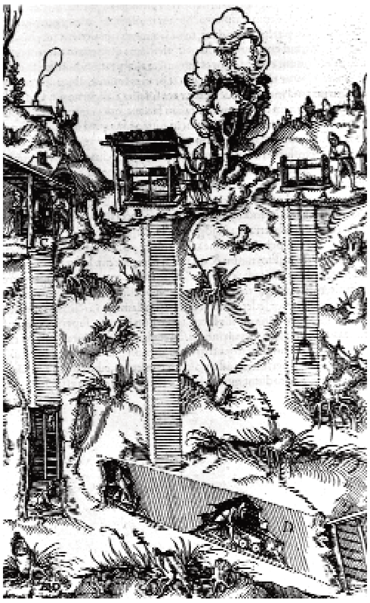
Sopra: *Ludwig Lässl, Trattato sulle grandi miniere di Falkenstain a Schwaz, 1556 ca. Österreichische Nationalbibliothek Wien.*
In basso: *Ritratto di Georg Pawer Agricola.*
Nella pagina a fianco: *Alcune illustrazioni tratte dal De re metallica di Agricola.*

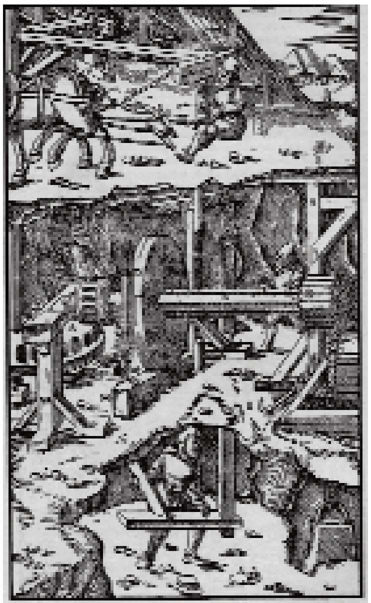
blemi tecnici notevoli. Primo fra tutti l'evacuazione del minerale e degli sterili dai profondi pozzi, e subito dopo quella dell'acqua, con adeguati montacarichi e pompe o norie. Quest'ultime, per la verità, quale che ne fosse il tipo, sono sempre le stesse dell'età classica, sebbene più grandi: diverso invece il motore che è in genere una o più ruote idrauliche, o giostre a trazione animale. Per il resto, però, fin quasi alle soglie del '500, lo scavo dei pozzi, il loro armamento, il tracciato delle gallerie ed i pozzi di aerazione non si discostano gran che quelli di età classica.

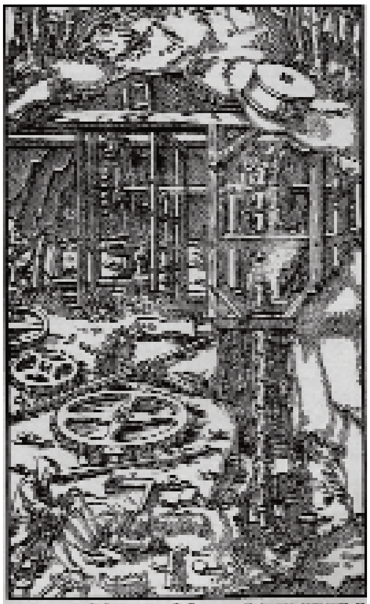
Una testimonianza dei livelli raggiunti sul finire del '400 si colgono nelle magnifiche illustrazioni del trattato *De re metallica* di Georg Pawer (1490-1555), più noto come *Agricola*[18], tramite il quale siamo perfettamente informati sulle sue attrezzature e sulle macchine di recente introduzione nell'arte minerarie. Notevoli i montacarichi, azionati da due enormi ruote idrauliche dal senso di rotazione inverso, per sollevare o abbassare le gabbie, i vari tipi di norie a funzionamento continuo, le pompe a stantuffo disposte in serie a profondità decrescenti e gli enormi mantici di fonderia azionati anch'essi da ruote idrauliche. Tra tutti, però, in sostanza già noti sebbene di dimensioni e potenze minori, spicca un elementare dispositivo applicato all'avantreno dei carrelli, neppure questo del tutto originale, destinato a future vaste applicazioni, attualmente basilari e crescenti per i trasporti di merci e persone: la rotaia. Nel volume precedente si è evidenziato il sistema a ruota guidata, ottenuto mediante l'incisione di due solchi paralleli nel basolato delle strade per evitare alla ruote dei carri di impattare contro le banchine, la cui distanza da allora non è più mutata. Quell'antesignano binario, di tipo tranviario con rotaie *Phoenix* non a caso *a gola* per montaggio a raso, progenitore di tutti i successivi binari a gola o rilevati, ebbe uno scartamento compreso fra i 1440 ed il 1480 mm, e Stephenson infatti, fissò l'attuale in 4 piedi ed 8.5 pollici, pari a 1435 mm!

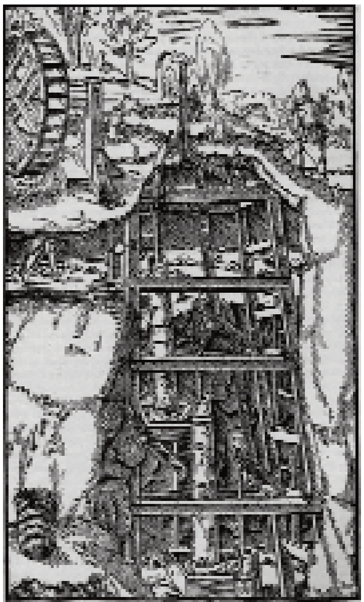
18 Il *De re metallica libri XII*, fu pubblicato postumo nel 1556, sebbene vari riferimenti lo facciano ritenere terminato sin dal 1550. É interessante ricordare che una delle poche traduzioni di Agricola fu eseguita nel 1912 da un ingegnere minerario americano, Herbert Hoover, che sarà più noto, sia pure negativamente, dal 1929 come 31° presidente degli Stati Uniti.

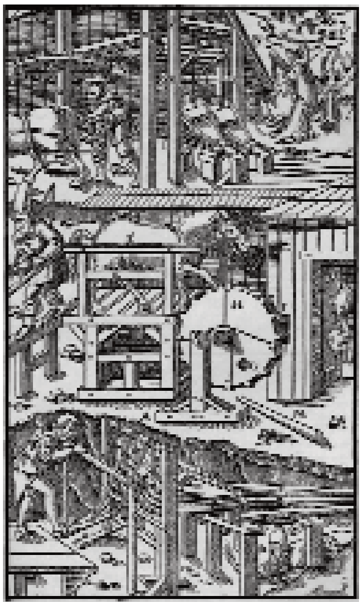












Der vorn am Schacht verlegte Pfählbaum A. Der hinten am Schacht verlegte Pfählbaum B. Die zugespitzten Pfähle C. Die Querhölzer D. Die Hespelstützen E. Die Pfahleisen F. Der Rundbaum G. Seine Zapfen H. Das Holz I. Die Kurbel K. Das Förderseil L. Der Seilhaken M. Das Fördergefäß N. Sein Bügel O.

A—Box laid flat on the ground. B—Its bottom which is made of iron wire. C—Box inverted. D—Iron rods. E—Box suspended from a beam, the inside being visible. F—Box suspended from a beam, the outside being visible.

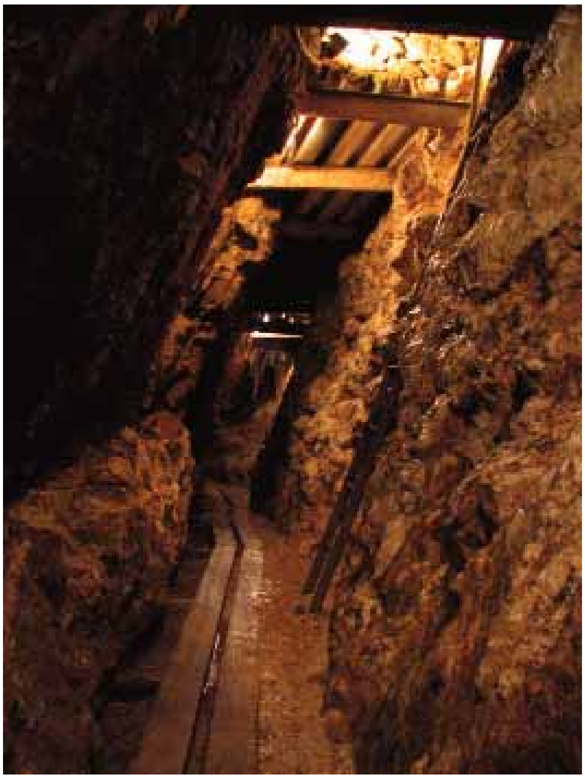
A—Wood. B—Bricks. C—Pans. D—Furnace. E—Crucible. F—Pipe. G—Dipping-pot.

Rotaie e ruote

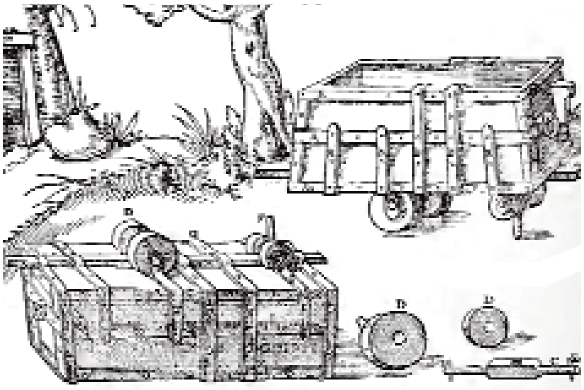
Nel carrello di Agricola compare un guida ruota di legno, fatto con due assi affiancate fermate su traverse, che in breve si trasformeranno in due tronchi rialzati per rozze ruote flangiate, il tutto molto somiglianti alle odierne rotaie ferroviarie per ruote flangiate. Quel primo tipo aziona una sorta di biella che lega il ruotino di direzione alle evoluzioni delle rotaie, facendo sterzare il carrello. Il dispositivo permetteva perciò a veicoli di diverse dimensioni di avvalersi della guida automatica grazie a quel semplice elemento, anche quando non costruiti espressamente per tale specifico impiego. Qualcosa che trova un corrispettivo in modernissimi veicoli progettati in varie parti d'Europa, per il trasporto pubblico urbano, definiti appunto a *Via Guidata*, o a *Guida Vincolata*[19], capaci di passare da questa a quella tradizionale manuale e viceversa, che a loro volta trovano un significativo precedente nel XX secolo, quando alcuni autoveicoli stradali furono adattati alla marcia su rotaia: i camion ebbero cerchi con la concavità verso l'interno, le auto verso l'esterno, sempre con ampia tolleranza.

Il perché di quegli adattamenti, impiegati giova ripeterlo da tutte le nazioni, insisteva su di una nutrita serie di ragioni, prima fra tutte l'esigenza di movimentare carichi ingenti su di una solida infrastruttura, senza rischi di cedimenti o di raggi di curvatura inadeguati. Sotto questo profilo i guida-ruote romani, non erano un significativo precedente, essendo i carichi dei carri di gran lunga inferiori alla resistenza delle strade. Situazione antitetica per i moderni autoveicoli, blindati e con armamento pesante, in particolare su strade in terra battuta o comunque di scarsa compattezza, dove le ruote affon-

19 Cfr. A.SPINOSA, *Sistemi di Trasporto a Via Guida,* Roma, pubblicato in INTERNET.



A fianco: *Tratto di via urbana di Pompei con solchi guidaruote.*
A fianco, in basso: *Vecchia miniera con una fessura tra i tavoloni fungenti da guida per il perno del ruotino.*
Sotto: *Il carrello minerario a ruotino guidato di Agricola.*
In basso: *Un rudimentale carrello minerario su rotaia in legno (a destra) ed uno più evoluto ma ancora con ruote non flangiate (a sinistra).*



davano miseramente.[20] Non così sulla verga d'acciaio, o *rotaia Vignoles* impostasi sin dal 1831 e formata da un *fungo*, un *gambo* ed una *suola* che, in sostanza, però resta una trave a doppio T rinforzata. Gode, però, del vantaggio di poggiare per l'intera lunghezza su numerose traverse sulle quali distribuisce il carico, cedendolo così alla massicciata di pietrisco.

L'adozione delle ruote rigide, riducendo sensibilmente l'attrito rendeva meno oneroso il traino e, per conseguenza, consentiva a parità di carichi maggiori velocità. Per la stessa ragione, tuttavia, si preferì ridurre quella prestazione impiegando ruote rigide di diametro sistematicamente molto minore delle elastiche con copertone. Essendone, però, minore anche l'aderenza, fu necessario montare sui migliori adattamenti di camion ed autoblinde, che maggiormente risentivano di slittamenti, delle sabbiere per agevolare gli avviamenti e la marcia in salita durante forti piogge o cadute di foglie. Si ebbero anche autoveicoli militari appositamente costruiti. Si trattava per lo più di automotrici corazzate, dei veri carri armati a percorso obbligato, alle quali veniva affidata oltre al traino dei convogli anche la loro difesa, non esistendo altra possibilità di protezione, dimostrandosi aleatoria persino quell'aerea. Tra queste merita di essere ricordata la *Panzerdraisine* germanica, che poteva raggiungere anche i 100 km/h. Disponeva come armamento di 6 mitragliatrici MG-38 da 7.92 collocate nei fianchi ed azionate da 5 uomini d'equipaggio.

Miniere di ferro in Italia

La fusione del ferro con il carbone di legna o con quello fossile, per lo più litantrace, non produceva un identico metallo, variando le sue peculiari caratteristiche in funzione delle impurità che i due tipi contenevano. Per l'esattezza nel primo, ancora non purificato in *coke*, sono presenti in genere, vari minerali e in discreta quantità zolfo. Sebbene il suo impiego nei forni fusori venga di solito fatto risalire alla Rivoluzione Industriale, già nel tardo medioevo se ne avviò l'adozione e con essa, per conseguenza,

20 Per dettagli sull'autoblinda AB 41 in allestimento ferroviario, cfr. S.M.R.E., *Nozioni di armi, tiro e materiali vari*, Ed. Le 'Forze Armate', Roma 1942.
21 Cfr. M.GRANT, *La città e i metalli. Storia e cultura degli Etruschi*, Bologna 1982, pp. 253 e sgg.

A fianco, dall'alto: *Jeep adattata al binario ferroviario; autoblindo germanica adattata alla marcia su binario; camion adattato alla marcia su binario, durante la II Guerra Mondiale: da notare l'adozione dei respingenti ferroviari.*

anche l'estrazione mineraria. Le iniziali raccolte di carbon fossile, avvenendo alla foce di un fiume scozzese, valsero al minerale la qualifica di *carbone marino*.

In Italia la produzione siderurgica, dall'estrazione alla fusione, ebbe nell'antichità il suo polo principale nell'isola d'Elba[21], in latino *Ilva* (nome che non a caso ebbe nel 1905 la maggior azienda siderurgica nazionale, nel 1961 divenuta *Italsider*), dove infatti ancora si trovano imponenti residui e scorie di tali lavorazioni di epoca etrusco-romana. Le tracce si interrompono del tutto al tramonto dell'Impero e nel corso dell'alto medioevo non se ne scorgono affatto, per cui se ne può concludere che la siderurgia sull'Elba sia stata del tutto abbandonata. A partire dall'XI secolo, dopo il passaggio dell'Isola nella sfera pisana, le tracce riprendono, ma in maniera nettamente diversa. Differentemente dall'età classica, infatti, non si rinvengono più quei pochi ma enormi accumuli di scorie, tipici di grossi complessi siderurgici adiacenti ai siti di estrazione: quelli medievali sono numerosi, ma piccoli, e riguardano l'intera isola, quasi come se dei fabbri volanti di tanto in tanto vi andassero a compiere modeste fusioni, dopo essersi procurati la disponibilità di qualche bosco. Con il XIV secolo ed il passaggio dell'Elba alla Signoria di Piombino anche quella metallurgia artigianale cessò del tutto, restando solo l'attività di estrazione mineraria e di esportazione che, dalla metà del '500, furono acquisite dalla famiglia dei Medici di Firenze restandovi fino al 1815.[22] La nuova gestione vi avviò lo sfruttamento a cielo aperto, riservando a quello in galleria la funzione di ricerca di nuovi filoni metalliferi da attaccare in seguito.

21 Cfr. M.GRANT, *La città e i metalli. Storia e cultura degli Etruschi*, Bologna 1982, pp. 253 e sgg.

22 In realtà ai Medici, a partire dal 1549-50, restò soltanto il territorio dove sarebbe sorto Portoferraio, che in maniera eloquente ricorda nel suo nome il commercio del minerale ferroso estratto sull'isola. Sebbene caratterizzati da un inesorabile e lungo declino gli impianti siderurgici dell'Elba furono definitivamente smantellati a partire dal 1947, dopo essere stati danneggiati durante la guerra.

In alto: *Isola d'Elba, lungo i sentieri che solcano la ridente foresta interna, è possibile scorgere ancora oggi il minerale ferroso.*
A fianco: *Stampe medievali relative alle tecniche di fusione e forgiatura del ferro.*

Anche in Calabria sin dall'antichità si sfruttavano i giacimenti di ferro, come alcune tracce fenicie confermano, procedendo *in loco* alla fusione del minerale. In seguito, forse per la disponibilità di più redditizi siti, della siderurgia calabra non si hanno menzioni fino all'XI secolo quando tra i primi documenti scritti normanni si trova un attestato del 1094, relativo ai forni di Stilo ed alle miniere di Pazzano, a firma di Ruggero il Guiscardo conte di Calabria. Si tratta di una concessione dei proventi dell'attività mineraria limitrofa alla Certosa, rilasciata a Brunone, fondatore dell'ordine dei Certosini. Da allora quasi tutti i sovrani di Napoli si interessarono attivamente all'area siderurgica calabrese, consci della sua rilevanza se non mineraria almeno strategica. Gli Svevi adottarono una politica di protezione fiscale a favore della siderurgia regnicola, e gli Angioni ridimensionarono la concessione ai Certosini, segno implicito di uno sviluppo degli impianti, favorito pure dalla notevole abbondanza di corsi d'acqua in grado di azionare le ruote dei mantici dei forni fusori.[23]

Di certo sul finire del Medioevo risultano attive una mezza dozzina di ferriere a Stilo, Pazzano, Spada, Trentafari, Castelvetere, Furno, ma con scarse prospettive. Altre ferriere ancora sono documentate in Calabria a partire dal XIII secolo, ma sempre di piccola entità, ed altre anche in altre regioni del regno, come ad esempio ad Amalfi. Di tutte solo quella di Stilo raggiungerà una discreta rilevanza, tant'è che divenuto autonomo il regno il suo sovrano Carlo III volle dare agli impianti una funzione produttiva basilare, progetto indispensabile per raggiungere l'assoluta autonomia ed autarchia nel settore degli armamenti, in modo da affrancare il suo esercito da qualsiasi dipendenza straniera. E gli studi e le esperienze minerarie siderurgiche subito si avviarono grazie all'assunzione di specialisti stranieri, per lo più tedeschi ed ungheresi.[24]

Da sette secoli il ferro ottenuto era poco e gli alberi abbattuti tanti: la ferriera, infatti, si collocava

23 Cfr. P.D.B. TROMBY, *Storia critico-cronologica-diplomatica del Patriarca S. Brunone e del suo ordine cartusiano*, Napoli 1755, vol. II, appendice. II. E cfr. anche L.BIANCHINI, *Sullo stato delle Ferriere del R egno di Napoli*, ne *Il Progresso*, Napoli 1834. Ed ancora L.CUNSOLO, *La storia di Stilo e del suo Regio Demanio (dal sec. VII ai nostri giorni)*, Roma 1965.
24 Cfr. G.MATACENA, *Architettura del lavoro in Calabria tra i secoli XV e XIX*, Ercolano 1983, pp. 106-112.

A fianco, dall'alto: *Amalfi: una delle cascate che alimentavano il complesso della ferriera e i ruderi della stessa; uno degli ingressi delle miniere di Pazzano.*

inizialmente al centro d'un ampio bosco, che in pochi anni spariva ingoiato dai forni a infimo rendimento. Il raggio di disboscamento si allargava a macchia d'olio fino a quando, divenuto eccessivo per la remuneratività dell'impresa, obbligava a spostare l'impianto in un altro bosco, con il medesimo esito. Soltanto sul finire del '700, si concentrarono le varie ferriere in un unico stabilimento di notevoli dimensioni a Mongiana, dove nel 1791 però non si eccedevano le 400 tonnellate di ghisa e le 180 tonnellate di ferro fucinato e, nonostante i tentativi successivi, la produzione restò scarsa! Il nuovo sovrano Gioacchino Murat, nel 1805 sottopose tutti gli impianti siderurgici alla Direzione d'Artiglieria e subito si triplicarono i quantitativi. La seconda restaurazione successiva al 1815 decurtò le potenzialità di Mongiana che, solo una quindicina di anni dopo, tornarono a crescere. Nel 1845 entrò in funzione un altro stabilimento che portò i dipendenti a 1500 unità, entità sbalorditiva per l'epoca.

Con simpatia quegli uomini accolsero i garibaldini ed il libero mercato, ma le tragiche conseguenze non tardarono a manifestarsi. In pochi mesi il polo siderurgico calabrese crollò. Nel 1873 le miniere e i boschi di pertinenza, le ferriere e le fabbriche connesse, furono venduti all'asta in blocco ad un ex garibaldino, e sospesero definitivamente ogni attività nel 1881, dopo un maldestro tentativo di ripresa. Per le tante maestranze restò solo l'emigrazione.

La produzione del ferro

Come accennato, la tecnica mineraria romana in generale e la siderurgica, in particolare, non subiscono significative evoluzioni nel Medioevo, almeno fino al XIV secolo, quando vengono introdotte tecniche meno rozze per la fusione siderurgica. Al di là della mera estrazione, che di fatto non andò

oltre quella antica, il minerale doveva subire una serie di processi lavorativi che contemplavano la macinazione, o *pesta,* il lavaggio e la preparazione del combustibile idoneo. Essendo la temperatura di fusione del ferro di 1540°C, abbastanza lontana da quelle raggiungibili con i rudimentali forni fusori esistenti, restava praticabile solo la riduzione parziale degli ossidi che avviene intorno agli 800°C. Nei cosiddetti *bassifuochi*, infatti, la temperatura massima ottenibile non superava i 1300 °C, insufficiente per una vera fusione, dando perciò origine, nella migliore delle ipotesi, a una massa spugnosa che richiedeva una ulteriore lavorazione per divenire realmente ferro. Si può affermare al riguardo che fino all'età moderna il ferro fu lavorato esclusivamente per forgiatura, battitura prolungata sull'incudine e riscaldamento ripetuto nella forgia.[25]

In natura il ferro non si trova mai puro, ma per lo più sotto forma di ossidi, quali ematite, limonite, magnetite, ecc. che per essere ridotti richiedono dei complessi processi chimici, tanto elaborati che a lungo il

25 Cfr. U.FORTI, *Storia della tecnica. Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento,* Torino 1974, vol. II, pp. 151-63.

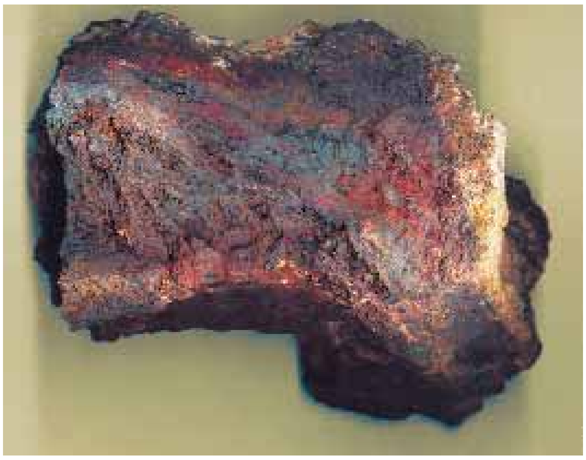
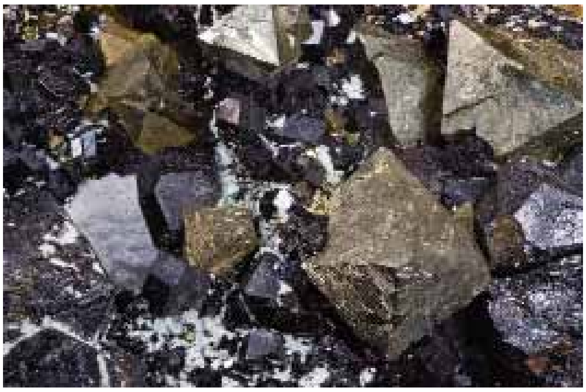
In alto: *Il complesso della Mongiana e la Fabbrica d'Armi.*
A fianco: *Il ferro in fusione.*

solo ferro puro fu quello meteorico[26]: la sua lavorazione, *siderurgia*, ancora tramanda nel nome l'origine stellare del metallo. La principale novità medievale fu l'adozione del carbone fossile per la fusione del ferro: disponendone in appositi forni stretti ed alti, antenati dei moderni altiforni, per ridurre la dispersione del calore, a strati alterni col minerale ferroso, insufflandovi grandi quantità di aria con potenti mantici, se ne innalzava la temperatura fino a quella di fusione, combinando inoltre il carbonio del carbone con l'ossigeno dell'ossido di ferro, ottenendo così vari tipi di ferro, dalla ghisa all'acciaio in base alla quantità di carbonio residuo contenuto. Nella ghisa raggiunge il 5% mentre nell'acciaio solo lo 0.3-1% che nel medioevo, acciaio definito tenero che nel medioevo, però, divenne basilare, soprattutto dopo il XII secolo, per la produzione di armi e di corazze, nonché di poderose molle per balestre. Gli acciai dolci, infatti, sono molto malleabili e duttili, per cui si lavorano facilmente ed hanno una forte resistenza meccanica alla trazione e compressione, a differenza degli acciai duri, che sono tali superficialmente e perciò più difficili da lavorare e si spezzano facilmente, pur prendono bene la tempra. Ovvio quindi che le armature fossero fatte con acciai dolci

Gli esoscheletri d'acciaio: le armature

L'armamento difensivo adottato dai Romani, quasi per l'intera durata della loro egemonia, fatte salve delle piccole e ripetute modifiche, consisteva essenzialmente in un elmo, piuttosto robusto, in una lorica formata da varie piastre di ferro articolate fra loro, e di uno scudo non metallico. Con lo sfaldamento dell'Impero e l'irruzione dei barbari si adottarono progressivamente armamenti diversi anche per semplice protezione, in genere di gran lunga meno efficaci di quelli delle legioni. Sul finire dell'anno mille il cavaliere indossa ancora una maglia metallica che, come una sorta di saio, gli protegge il capo, il tronco e le braccia scendendo fin quasi alle ginocchia. Per la testa s'indossa anche un rudimentale, ma efficace, elmo conico, munito di scudo nasale. La cotta di maglia di ferro, nonostante il suo peso non penalizza i movimenti e risulta ottima per neutralizzare i fendenti ma non altrettanto gli impatti penetranti.[27]

26 Cfr. E.ARTINI, *I minerali*, Milano, rist. 1947, pp. 315-18.
27 Cfr. G.DE FLORENTIIS, *Storia delle armi bianche*, Milano 1974, pp. 143 e sgg.

A fianco, dall'alto: *L'ematite, la limonite, la magnetite ed il carbon coke.*

tempo si manifesta la tendenza ad unire tutte quelle varie blindature in un'unica struttura per l'intero corpo del cavaliere, rivoluzione che inizia nel XIV secolo. L'armatura diviene un insieme solidale di piastre di acciaio, rigide per le parti superiori delle braccia, per gli avambracci e per le cosce e gli stinchi e, ma snodate fra loro per permettere il libero movimento, senza ridurre la protezione in alcun punto. Sul finire del secolo il cavaliere è ormai completamente rivestito di acciaio, una sorta di esoscheletro che comprende scarpe di ferro per proteggere i piedi, schinieri anteriori e posteriori a protezione degli stinchi, ginocchiere snodate con alette laterali, cosciali fin quasi all'inguine, e per il tronco, sopra la cotta di maglia metallica, una spessa corazza, pettorale e dorsale, o una cotta a piastre semirigida del tipo della lorica romana. Una sorta di gonnellino, detto *faldale*, di cuoio rivestito di lamine metalliche scende a proteggere l'inguine, i fianchi e la parte posteriore, mentre le braccia sono racchiuse in piastre rigide sagomate, dette cannone superiore,

Sopra: *La tipica armatura a lorica segmentata romana.*
In basso: *Alcune armature complete medievali.*

Con le crociate debuttano nuove armi e nuove tecniche di combattimento, e le maglie attingono intorno al XIII secolo la loro migliore fattura, applicandosi anche a brache a guanti e calze per la protezione degli arti; l'elmo assume una foggia che ricorda una pentola, dapprima tronco conica e quindi a cuspide. Compaiono, pure, delle piastre di ferro e di cuoio a protezione delle ginocchia, trattenute con legacci per un peso complessivo di circa 15 kg. Col

cubitiera e cannone inferiore, e le mani coi polsi chiuse in manopole. L'elmo, infine, più o meno a cuspide, monta una blindatura posteriore sul collo detta *camaglio* ed anteriore, forata, detta ventaglia, che permette la visione proteggendo il volto. Per riconoscersi occorreva sollevarla con la mano destra, gesto che col tempo si trasformò nel saluto militare per antonomasia, universalmente ancora praticato.[28]

Il combattimento ravvicinato, a questo punto, si trasforma in un lavoro di reiterate percussioni, dal momento che i colpi di fendente rimbalzano o si sviano su quelle piastre dure e lisce, teso a smantellare o a sfondare, tramite pesanti mazze ferrate, quella sorta di coriacei esoscheletri. Estrema risorsa dei sottili e robusti pugnali, detti pure stile o stiletto, più noti come *misericordie* in quanto usati per infliggere il colpo di grazia penetrando l'armatura nei giunti intorno al collo. Gli sviluppi simmetrici porteranno ad irrobustire ulteriormente le armature, munendole di sottostanti imbottiture per neutralizzare i colpi, e per contro a spadoni da maneggiarsi a due mani. Gli scontri, che ormai difficilmente possono penetrare quel blindato umano, tentano invece di atterrarlo, rendendolo così inoffensivo, risultando in genere impossibile ad un cavaliere corazzato sollevarsi da solo.

Senza voler entrare ulteriormente nello specifico delle armature che, decennio dopo decennio, divennero più elaborate, sofisticate e progressivamente inutili, va al riguardo ricordato che già dal XIII secolo la balestra ha subito una parallela evoluzione divenendo, a sua volta, micidiale e capace già di trapassare le cotte di maglie. Nel XV sec. solo le migliori armature, ed a discreta distanza dai tiratori, sono in grado di resistere ai colpi delle balestre che impiegano archi d'acciaio, messi in tensione con martinetti. Ma la superiorità ha breve durata, perché sul finire del '400 i moschetti sono ormai perfettamente in grado di forare anche quelle corazze![29]

28 Cfr. A.A.SETTIA, *Comuni in guerra. Armi ed eserciti nell'Italia delle città,* Bologna 1993, pp. 93 e sgg.

29 Cfr. M.HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa,* Bari 1978, pp. 7-38.

In alto: *Miniatura raffigurante un torneo: ben visibili gli stemmi araldici dei cavalieri.*

Origine degli stemmi araldici

Sebbene non tutti gli studiosi siano d'accordo l'araldica, ovvero l'adozione di elementi grafici, disegni e colori, per indicare in maniera inconfondibile un casato, sembra nascere nel tardo medioevo, nel XII secolo, proprio in seguito all'adozione delle armature. In pratica non essendo possibile riconoscere chi vi fosse al loro interno, si applicavano sulle stesse, sugli scudi o sui drappeggi, dei colori e dei disegni che convenzionalmente l'indicavano. Verosimilmente l'esigenza si manifestò nei tornei, ed essendo l'araldo la persona incaricata di riconoscere da quei riferimenti il cavaliere, la disciplina finì per essere denominata araldica. Ma altri studiosi collocano l'evento nelle Crociate, quando i cavalieri cristiani la cooptarono da quelli islamici che si facevano riconoscere attraverso colori o emblemi applicati sugli abiti o sulle bardature dei cavalli.[30]

Un conforto a quest'ultima datazione, deriva dall'osservare che nelle operazioni militari nel Vicino Oriente i cavalieri erano costretti, per evitare di finire arrostiti dentro le loro preziose armature, a coprirle con drappi e stole varie, sulle quali ovviamente presero ben presto a campeggiare disegni e bande colorate di preciso riferimento familiare. Essendo lo scudo l'elemento dell'armatura a più ampia e liscia superficie divenne anche, per ovvia conseguenza, il supporto ideale per ricevere l'emblema araldico che, infatti, assunse anche la forma e la definizione generica di scudo.

Sin dalla loro origine gli stemmi araldici vennero realizzati con colorazioni a contorni netti, senza sfumature e sempre a tinte a forte contrasto, in modo da favorirne l'immediata percezione e l'identificazione anche a discreta distanza. I disegni simbolici furono, perciò, semplificati e ridotti all'essenziale, spesso con colori del tutto arbitrari ma in modo unico ed inconfondibile.

Senza entrare ulteriormente nello specifico, che in quanto tale esula dal presente studio, è interessante osservare che dall'araldica medievale, derivano tutti gli stemmi successivi, nobiliari e borghesi, civili e militari[31], nonché gli odierni marchi o *loghi* di impiego commerciale, politico e persino religioso, che dominano ormai ogni attività umana. La principale differenza fra gli odierni rispetto agli archetipi medievali, consiste nella loro assoluta immutabilità delle proporzioni e dei colori, intese come garanzie d'autenticità.

30 Cfr. P.GUELFI CAMAIANI, *Dizionario Araldico*, rist. anastatica edizione 1940, Bologna 1978.
31 Cfr. A.CHIUSANO, *Elementi di araldica*, Roma 1995.

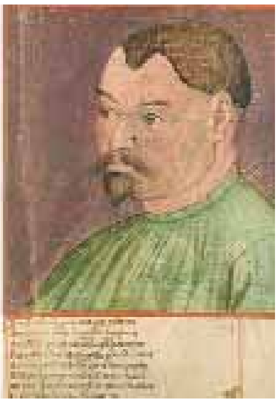
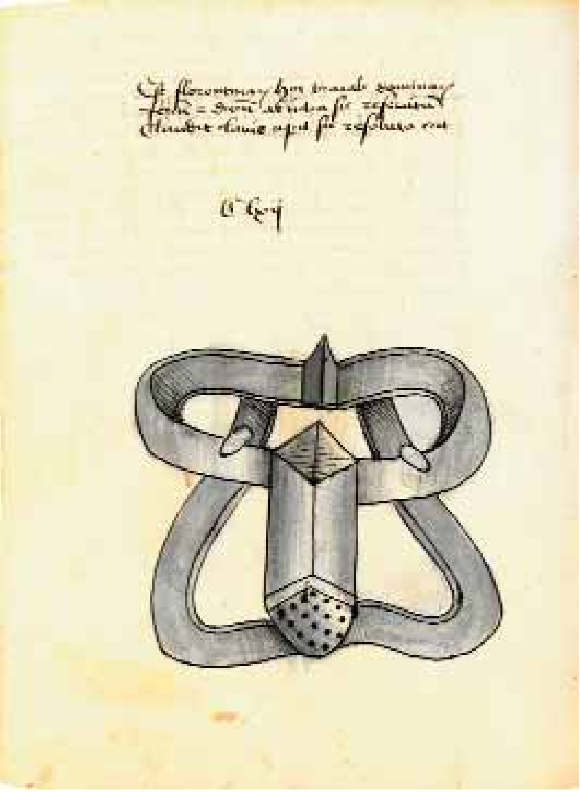
Dall'alto:
Una miniatura medievale con sullo sfondo una carica di cavalleria: ben evidenti le bardature dei cavalli ed i vessilli con gli emblemi araldici; uno stemmario medievale inglese; i loghi di due attuali case automobilistiche: evidenti i riferimenti all'araldica medievale.

La cintura di castità

Una particolarissima corazza destinata a salvaguardare l'inviolabilità di chi l'indossava non dai dardi, ma da temute penetrazioni sessuali e, soprattutto, dalle indesiderate relative conseguenze, fu la cosiddetta *cintura di castità*, protezione femminile progettata da Konrad Kyeser, celebre ingegnere militare tedesco. In seguito il congegno venne, più o meno artatamente, frainteso fino a trasformarlo in una sorta di strumento di tortura, cioè in una costrizione imposta da mariti gelosi alle consorti, durante le loro lunghe assenze.

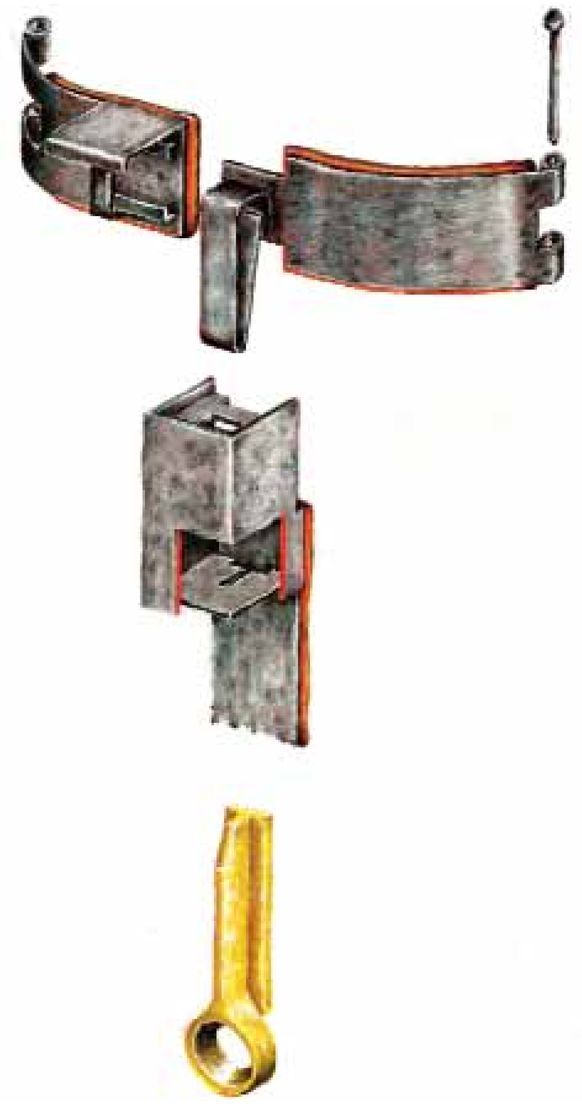
In base alle notizie biografiche di cui disponiamo, Konrad Kyeser nacque a Eichstatt nel 1366 da una famiglia[32], se non nobile come rivendicava, di certo benestante al punto di permettergli la prestigiosa università di Padova. Lì, infatti, il bavarese studiò medicina restando poi presso la locale corte, forse per i suoi ottimi risultati, finché non sentì nel 1396 il richiamo della crociata, l'ultima conclusasi con il disastro di Nicopoli. Ritiratosi a vita privata scrisse un trattato tecnico militare, intitolato *Bellifortis*, che pubblicato agli inizi del '400[33] conobbe un'ampia diffusione in Europa, nonostante la difficoltà della riproduzione manuale di un testo ricco d'illustrazioni. Il soggiorno di Kyeser a Padova, avvenne sotto la signoria di Francesco da Carrara, protrattasi fino al 1388, personaggio ricordato anche per una sua presunta invenzione dal curioso nome di *Bellifortis*, tradotto maccheronicamente per *guardiano della bellezza*: una cintura di castità, costruita sul finire del '300 e attualmente nel museo del Palazzo dei Dogi a Venezia. E, coincidenza che non può ritenersi casuale, proprio nel *Bellifortis* di Kyeser compare, per la prima volta, la raffigurazione di una cintura del genere con la precisazione che trattasi di un congegno fiorentino, realizzato in ferro e munito di lucchetto anteriore. Per cui, stando a quel che scriveva, quel suo disegno non è il progetto di qualcosa che ancora non esisteva, ma la raffigurazione di qualcosa già da tempo esistente! Condizione necessaria, ma non sufficiente per ascrivere la cintura al tiranno di Padova, bastevole però ad avallare una comunicazione in materia fra i due personaggi.

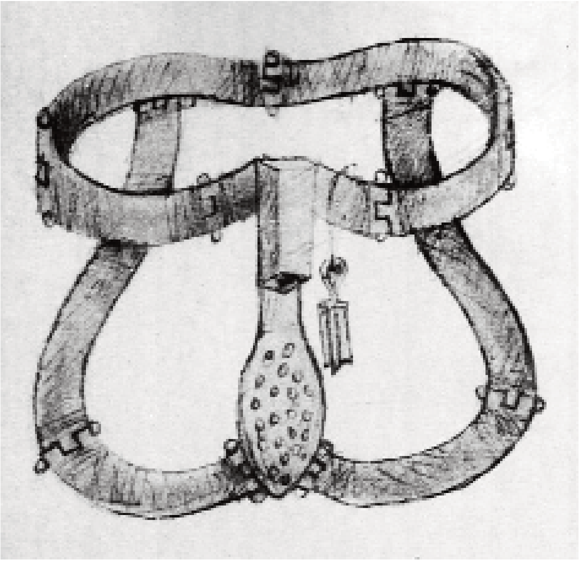
Prescindendo da chi ne fosse l'ideatore, il congegno tradizionale si componeva di due parti e somigliava a un perizoma: una cintura corrente intorno alla vita alla quale si univa, avanti e indietro, una sottile striscia passante fra le gambe. Nella fattispecie la cintura era una fascia di metallo, munita di cerniere per meglio aderire ai fianchi, calzata appena sopra le natiche; la striscia, invece, una lamiera sagomata ad U, in uno o due pezzi snodati, vincolata con due cerniere alla fascia stessa ed abbastanza larga da coprire del tutto vulva ed ano. In loro corrispondenza due fori orlati di punte consentivano le funzioni fisiologiche, impedendo però qualsiasi penetrazione. Per rendere il contatto con la pelle meno lacerante, le superfici metalliche interne erano rivestite di velluto o soffice pelle, precauzione che atte-

In alto: *Ritratto di Konras Kyeser e una miniatura dalla sua opera Bellifortis.*
Sopra: *La cintura di castità in una copia del codice di Kyeser.*

32 Cfr. B.GILLE, *Leonardo e gli ingegneri...*, cit., pp. 63-93.
33 Cfr. L.WHITE, *Kyeser's 'Bellifortis': the First Technological Tratiese of the Fifteenth Century, Technology and Culture* (1969).





Sopra: *Ricostruzione grafica del dispositivo di chiusura e del suo chiavino di sblocco della cintura di castità del Kyeser.*
A fianco: *Il disegno originale del Kyeser ed un esemplare di cintura di castità ben diversa dal suo prototipo.*

nuando un problema ne creava, subito, un altro e non meno grave. Se realmente imposta, e perciò tenuta prolungatamene, avrebbe annientato persino quel minimo d'igiene quotidiana dell'epoca. L'imbottitura, nel volgere di pochi giorni, si sarebbe intrisa di liquidi organici, restando in pratica sempre umida, fonte perciò di crescenti irritazioni Per il continuo sfregamento con la pelle, poi, quelle irritazioni si sarebbero rapidamente trasformate in ulcerazioni e, per la delicata ubicazione, presto infettate con conseguenze letali. Assurdo, perciò, immaginarne un uso continuo, più o meno protratto: forse sporadicamente e per pochissime ore, avrebbe potuto indossarsi, ma in tal caso la finalità non poteva essere più la castità coatta, ma l'estrema difesa volontaria della stessa!

In breve, una sorta di corazza per la salvaguardia dell'integrità fisica e riproduttiva femminile, liberamente calzata in ambiti critici, come la corazza indossata dagli uomini sul campo di battaglia. Una fortificazione, quindi, concezione che si attaglia alla strana denominazione padovana e, ancora meglio, alla cintura del Kyeser che, al di là di un'apparente somiglianza col prototipo anzidetto, se ne discosta per sostanziali differenze. Questa, infatti, raffigurata in ogni dettaglio in apposita tavola, pur avendo la solita fascia anulare con cinque cerniere a snodo, non ha però la striscia arcuata ad U sostituita nella sua parte posteriore da due fasce curvilinee, munite di ben sei cerniere. Anteriormente, invece, è vincolata rigidamente alla cintura tramite un apposito luc-

chetto, fungente anche da fibbia per le due estremità della stessa. La striscia si allarga inferiormente e, bucata come un crivello, assume la forma di una valva di mitilo con la cuspide verso il basso, per aderire al pudende muliebre. Ai lati della cuspide sono fissate due cerniere dalle quali si dipartono le due fasce curvilinee che, divaricandosi e girando innanzi all'attaccatura delle cosce risalgono posteriormente, sul fianco delle natiche, per fissarsi con altre due cerniere alla fascia anulare. Tutte le cerniere appaiono di tipo romano ad incastro, composte da due elementi mobili, liberi di ruotare intorno al medesimo perno per circa 270°.

Da quanto esposto appare evidente che nessuna striscia copre il solco intergluteo in cui è situato l'ano, ostacolando perciò la defecazione, a netto vantaggio dell'igiene. Avendo Kyeser studiato medicina, tale diversità non può attribuirsi ad un banale errore grafico: la sua cintura non è l'assurdo perizoma metallico costrittivo, ma una mini corazza articolata posta più che ad interdizione parziale della sessualità, alla sua protezione! A differenza, infatti, delle stereotipate cinture di castità, utopiche per quanto ricordato, questa non precluderebbe un eventuale rapporto anale, ma solo il vaginale, quello potenzialmente fecondante! Se ne deduce, perciò, che la sua finalità, come verosimilmente in generale delle consimili, non era quello di frustrare il tradimento, esito lontano dalle potenzialità meccaniche dei congegni, ma di frustrare gravidanze indesiderate conseguenti a stupri. Quanto alla mitica cintura tramandata da incerti reperti e da pruriginose dicerie, in realtà è mai esistita e se ne conosce qualcuna sicuramente tale e sicuramente utilizzata?

Le cinture di castità pervenuteci, come accennato, sono diverse e concordi a partire dagli inizi del XV secolo, spesso attribuite a donne celebri, come quella di Caterina de Medici, moglie di Enrico II di Francia. Di tipo tradizionale, si trova esposta attualmente al museo di Cluny a Parigi, ed è costituita da una fascia di ferro rivestita di velluto con una striscia ad U analoga, munita di piastra anteriore. Lievemente diversa quella indossata da Anna d'Austria, moglie di Luigi XIII, la cui striscia è snodata al centro. Difficile, per il loro alto rango stabilire se effettivamente le due regine indossarono mai quelle cinture e, soprattutto, perché essendo poco plausibile un comportamento coniugale fedifrago o una esposizione ad aggressioni sessuali: potrebbe se mai ipotizzarsi un uso penitenziale, una variante genitale del cilicio.

In alto a sinistra: *Una cerniera per infissi rivenuta ad Ercolano. Da notare l'affinità dello snodo con quello della cinturà medievale.*
In alto e sopra: *Stampe umoristiche del '600-'700 raffiguranti situazioni nelle quali si stigmatizzava l'utilizzo della cintura di castità.*

La balestra con arco d'acciaio

Nell'aprile del 1139, al termine del concilio Lateranense II, tenutosi sotto Innocenzo II[34], le conclusioni salienti furono esposte in 30 canoni, di cui il 29° così metteva al bando le armi telecinetiche da corda: *Artem autem illam mortiferam et odibilem ballistariorum et sagittariorum adversus Christianos, et Catholicos, exerceri de cetero sub anathemate proibemus.* Proibizione ulteriormente ribadita da Innocenzo III nel 1199 con una apposita Bolla, che comminava la scomunica a quanti ne avessero fatto uso nelle guerre. A prima vista sembrerebbe una prescrizione dettata dalla recente comparsa di un'arma rivelatisi particolarmente atroce o per lo meno, da un suo improvviso ed esasperato potenziamento. Ma, tanto l'arco quanto la balestra da millenni erano usate in tutte le guerre e le fazioni[35], senza alcuna esplicita riprovazione: perché solo allora la Chiesa si accorgeva della loro intrinseca inumanità? Peraltro, stando alla lettera dell'anatema, le due armi non erano messe al bando tassativamente, in quanto tali, ma esclusivamente negli scontri fra cristiani e cattolici, restando lecite contro gli infedeli, in particolare saraceni.

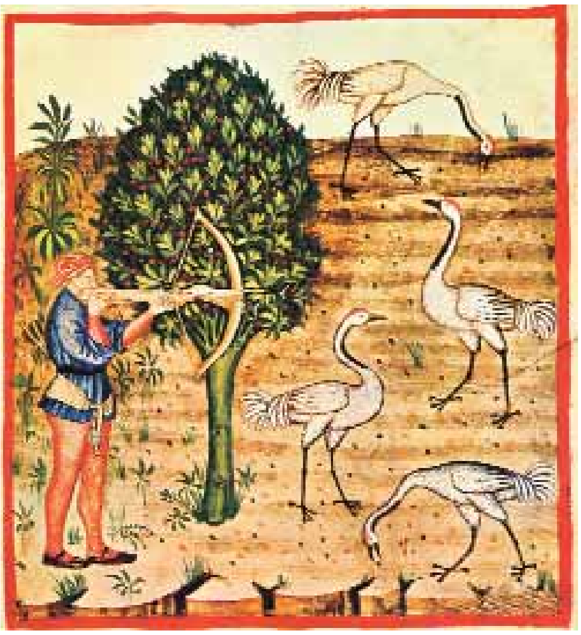
Dal punto di vista cronologico l'arco e la balestra, vantavano già un utilizzo di varie decine di millenni il primo, e di oltre quindici secoli la seconda se non addirittura venti: il primo, infatti, quasi certamente esisteva già sul finire del paleolitico, costituito da un unico pezzo di legno a curvatura circolare con la concavità verso il tiratore. Efficace per la caccia, non lo era altrettanto per la guerra, adozione che avvenne solo molto più tardi, dopo l'elaborazione dell'arco composito, realizzato con più strati di varia resistenza alle sollecitazioni. Probabile che ciò avvenne nell'Asia occidentale o forse nella Grecia, tant'è che tale l'arco compare nei poemi omerici, e proprio questa tipologia si rivelerà idonea per la trasformazione in balestra, che forse si scorge già in un bassorilievo assiro del IX sec. a.C.[36]

Il disporre di un'arco di notevole potenza non risolveva il problema della sua congruità in funzione difensiva: come si sarebbe potuto mantenere in tensione, cioè pronto a saettare da una sottile feritoia, un arco tanto rigido? Se il tiro dagli spalti dietro le merlature dava agli arcieri una certa libertà nel mirare i bersagli abbreviando i tempi di punteria, non così accadeva quando si effettuava dalle feritoie.[37] Il bersaglio, infatti, appariva nel campo visivo dell'arciere per brevi istanti, per cui non disponendo

34 Cfr. J.N.D.KELY, *Vite dei papi*, Alessandria 1989, pp. 288-90.

35 Cfr. F.RUSSO, *Tormenta, venti secoli di artiglieria meccanica*, Roma 2002, pp. 99-130.

36 Cfr. C.BLAIR, *Enciclopedia ragionata delle armi*, Verona 1979, alla voce arco.



37 Cfr. V.L.GROTTARELLI, *Le armi*, in *Ethnologica, l'uomo e la civiltà*, Milano 1965, vol. II, p. 195.

Dall'alto: *Bassorilievo assiro del IX sec. a.C. in cui é rappresentata (nel riquadro bianco) quella che sembra essere, e quasi certamente tale fu, una balestra; ricostruzione di una balestra medievale con arco in acciaio; miniatura medievale raffigurante ragazzo con balestra.*

del tempo necessario per il caricamento dell'arma, questa avrebbe dovuto già essere pronta al tiro. Ma in che modo si sarebbe potuta mantenere tesa la corda di un arco composito per più di qualche secondo? La fortificazione più avanzata con le sue sottili feritoie, pertanto, tradisce l'avvento di un nuovo propulsore capace di restare in tensione a lungo senza alcuno sforzo, e capace di un'assoluta stabilità di lancio e, per ovvie ragioni, anche di facile maneggio e rapido addestramento.[38]

Alle spalle di quelle sottili fessure, s'intravede perciò un lento processo evolutivo che prese l'avvio dal fissare l'arco ad un regolo, *teniere* a cui venne vincolata pure la corda, una volta tesa, tramite un dispositivo di arresto mobile, *noce*. In ultima analisi il teniere era un po' il braccio teso che sorreggeva l'arco, mentre la noce le due dita dell'altra mano che trattenevano la corda: essendo però entrambi gli sforzi sostenuti da supporti lignei e metallici, al tiratore restava solo di traguardare il bersaglio e liberare la corda all'istante opportuno. L'arma, pertanto, una volta caricata e magari poggiata su una base, consentiva d'attendere, senza alcuna tensione o stress muscolare, il presentarsi del bersaglio su cui saettare istantaneamente con precisioni inusitate essendo stato soppresso ogni tremolio. Forse a quell'archetipo pervennero indipendentemente più popoli, primi fra tutti i Cinesi, o forse si diffuse rapidamente per imitazione: di certo qualcosa di molto simile ad una rudimentale ed approssimata balestra, si ritrova sin dal XII secolo a.C. in Cina.

Sebbene l'ulteriore messa a punto ed adeguamento alle specifiche esigenze si protrasse per secoli, fu da quell'ingegnosa fusione tra un arco ed un bastone che prese l'avvio la storia dell'artiglieria.

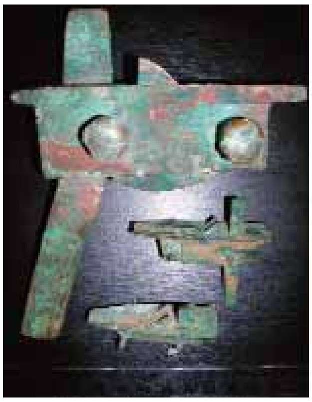
Quanto al nome la sua etimologia è facilmente riassumibile: esplicita la derivazione da *ballista* che a sua volta deriva da *balla*, cioè alla sfera di pietra fungente da proietto, ma la comune origine è nel verbo greco *bàllein,* che significava *scagliare una pietra.* La *ballista*, infatti, scagliava palle di pietra, definizione che restò calzante fino al basso impero quando la *ballista*, divenuta *ballistra* e poi *manuballistra*, iniziò a scagliare dardi, avvicendando la catapulta col nome di *balistra* e infine di *balestra* ormai in pieno Medioevo.

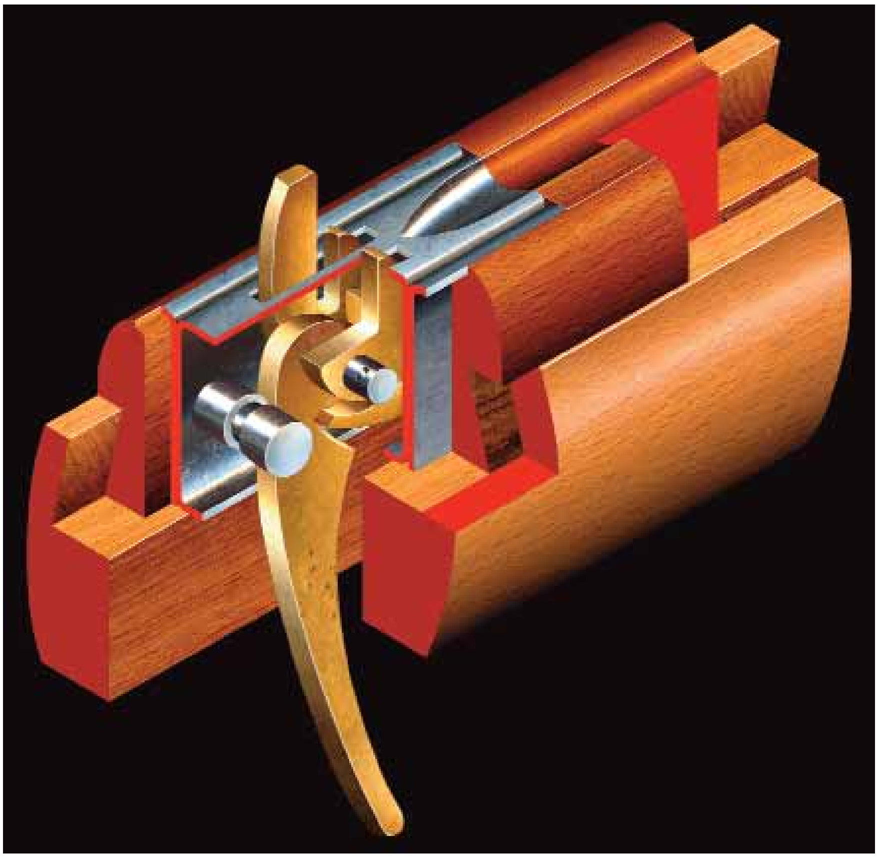
Etnicamente, quindi, l'origine della balestra sembra essere cinese e non risulta in modo certo presente in precedenza presso altre civiltà asiatiche e mediterranee. Cinese del resto è il sofisticato congegno di scatto, che appunto perché tale deve necessariamente ritenersi l'epilogo di una lunghissima teoria di perfezionamenti, realizzato in bronzo sotto la dinastia Han e del quale ci sono pervenuti diversi esemplari.[39] Complesso nella sua semplicità, già montava una sorta di grilletto e di alzo graduato, per il tiro di precisione a distanza, e sebbene ne fosse

38 Cfr. Y.GARLAN, *Guerra e società nel mondo antico,* Imola 1983, p. 51.

39 Cfr. F.RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane,* Roma 2004, pp. 199-262.

Sotto: *Congegni di scatto originali della balestra cinese Han.*



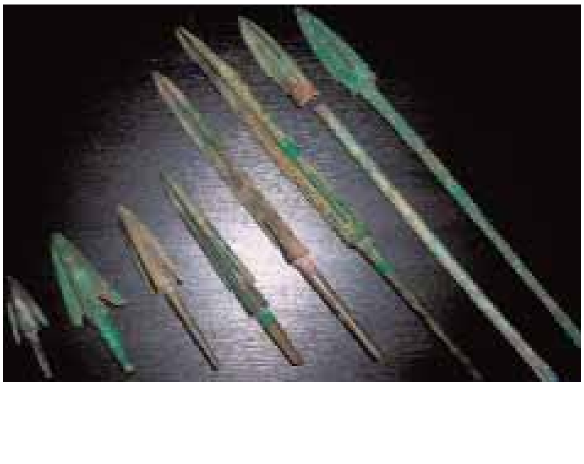


stata tassativamente vietata l'esportazione e la diffusione, qualche esemplare si è trovato pure all'interno dell'Impero romano, dove vi giunse intorno al II-III secolo della nostra era. A Roma, del resto la balestra non era affatto ignota, tant'è che il suo impiego è documentato in epoca imperiale, ed almeno due eloquenti bassorilievi rinvenuti in Francia ne danno piena testimonianza. La sua più antica menzione si legge però in Flavio Renato Vegezio nel *De Re Militari*, scritto, con molta probabilità, tra la seconda metà del trecento ed i primi lustri del quattrocento. L'attento trattatista ne fa rimontare l'impiego all'epoca di Diocleziano (284-305), unitamente ad altre armi da lancio. A suo parere la *manuballistra* anticamente era chiamata *scorpione*, in quanto munita di due bracci presso la testa e di un aculeo mortale presso la coda.[40] Dal che la *manuballistra* sembrerebbe la traduzione latina della più nota *cheiroballistra* di Erone, una sorta di adattamento meccanico di molle a torsione al posto di quelle a flessione dell'arco di una remota balestra dall'enigmatico nome: *gastraphetes.*

La *manuballistra* romana, quindi, non sembra scaturire da ipotetici contatti orientali con etnie che già la usavano ma, evento raro, dalla miniaturizzazione di un'arma esistente di grandi dimensioni, come è stato più dettagliatamente esposto nel primo volume, giustificando così la definizione di balista manesca. Tuttavia sebbene i vantaggi conseguibili dal suo impiego nella difesa di fortificazioni siano intuibili, non sembrano da soli sufficienti a giustificarne il costante potenziamento, che andrebbe piuttosto ascritto all'esigenza di incrementarne la violenza dell'impatto e la gittata. In altri termini, se dapprima l'ado-

40 Cfr.FLAVIO RENATO VEGEZIO, *L'arte militare*, a cura di A.Angelini, Roma 1984, pp. 126-27, lib. III, 15.

In alto, a destra: *Ricostruzione virtuale del congegno di scatto della balestra cinese Han.*
Sotto: *Ricostruzione di una balestra cinese a ripetizione.*
A fianco, in basso: *Cuspidi di verrettoni per balestra cinese.*



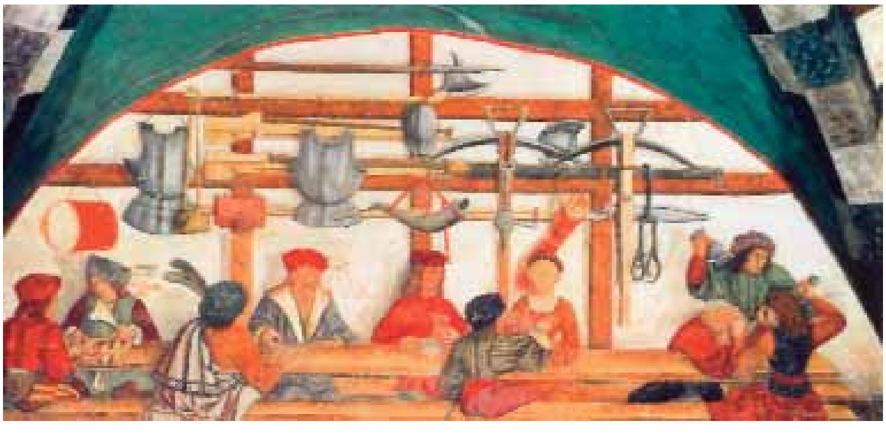
erano in grado di farlo! E forse proprio in questa terribile ed irriverente efficacia della balestra sta il perché dell'anatema del 1139: un'arma elementare ed economica, maneggiata da un rozzo contadino, con una unica verretta scagliata da lontano, poteva uccidere un nobile cavaliere nella sua costosissima armatura, in groppa al suo focoso destriero, ad onta del suo interminabile addestramento. Più che un delitto una rivoluzione sociale, un attentato alla stabilità statuale, una micidiale premessa di un nuovo ordine con valori antitetici, da porre perciò immediatamente al bando finché fosse ancora possibile. Ma, a quel punto, già non lo era più!

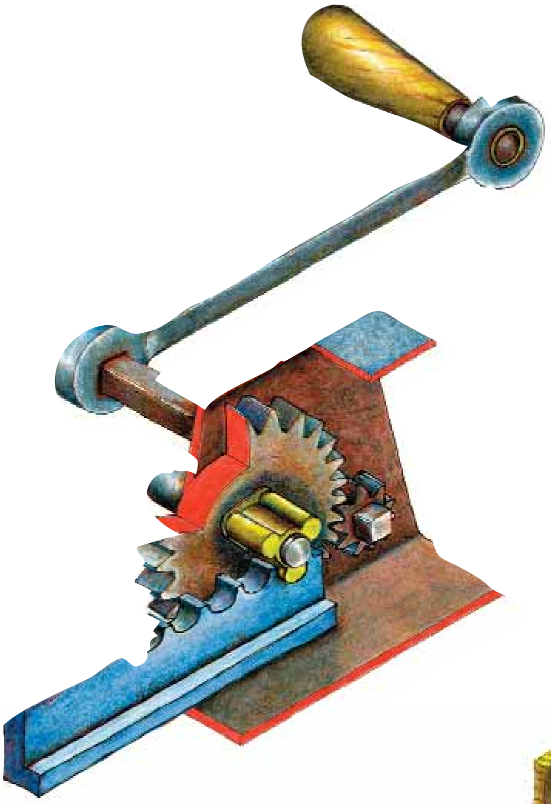
Riccardo Cuor di Leone nel 1199 all'assedio di Chaulus e Filippo II, settimo re di Francia, adottarono la balestra per le loro truppe, infischiandosene dell'anatema, ed in Italia ebbe un ruolo primario in tutte le contese, non solo fra cristiani ma persino nelle faide fratricide dei Comuni e nei Comuni, dall'alto delle vertiginose torri gentilizie. In Genova, poi, si addestrarono i balestrieri, le cui compagnie mercenarie erano ovunque arruolate. Di certo intorno alla fine dell'XII secolo, una discreta balestra

zione della balestra ebbe per fine la difesa di fiancheggiamento delle mura, in un secondo momento se ne accentuarono le prestazioni per interdire anche le aree ad esse antistanti. Risapendosi, per secolare esperienza, che tirandosi dall'alto delle mura la gittata superava quasi del 30% l'inverso, i balestrieri non dovevano temere neppure la reazione nemica. In breve l'organizzazione della difesa attiva ne uscì sostanzialmente modificata: il terreno compreso fra la distanza massima da cui gli assedianti avrebbero potuto tirare contro le mura e la distanza massima da cui gli assediati potevano tirare dalle mura, si trasformava in una zona di esclusivo dominio della difesa, dove anche il semplice attraversamento si risolveva in una strage.

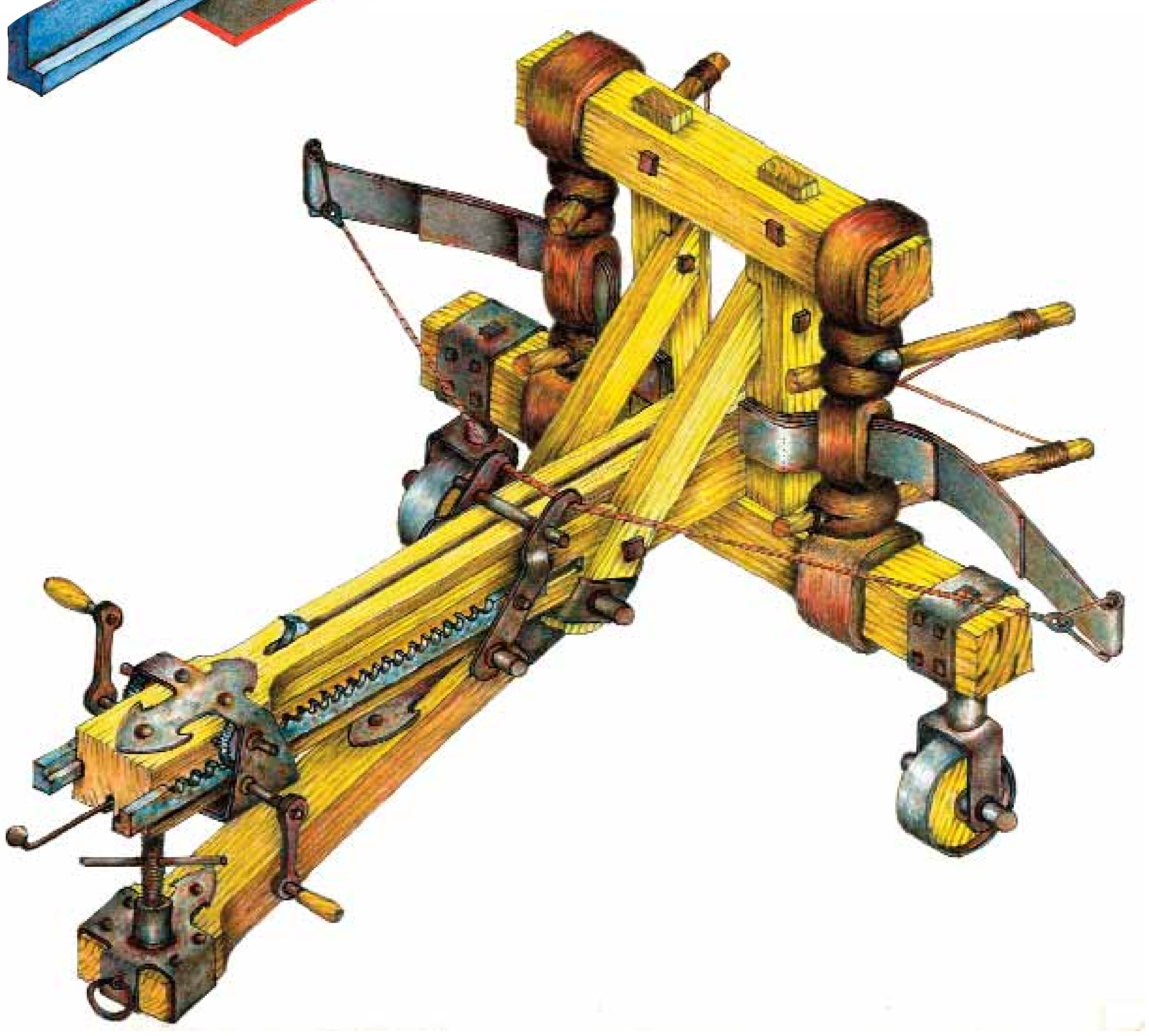
Costruire, pertanto, balestre più semplici e meno sofisticate e quindi, di gran lunga, meno costose degli archetipi greco-romani, significò moltiplicare virtualmente il numero dei difensori, trasformando un qualsiasi inesperto villano in un discreto arciere. L'arma compensava con la sua potenza e stabilità le deficienze fisiche e di tirocinio: dardi più pesanti e gittate maggiori non significarono, perciò, semplicemente colpire più duramente e da più lontano, ma anche che tutti

In alto: *Lastra di Soligna-sur-Loire del II sec. d.C. raffigurante una balestra molto affine a quelle di concezione medievale.*
Sotto: *Affresco dal castello Issogne, in Val d'Aosta. Sullo sfondo , tra il classico equipaggiamento militare medievale, si distinguono alcune balestre.*





Sotto: *Ricostruzione grafica di un balestrone da posta del XIII-XIV secolo.*
A fianco: *Ricostruzione grafica del martinetto di caricamento.*
Sopra: *Martinetto di caricameto per balestra medievale.*



manesca forniva una gittata utile di circa 100 m, con una cadenza di tiro di due o tre verrette al minuto, capaci per la loro eccezionale forza di penetrazione, di trapassare in quel raggio, le coeve corazze. Prestazioni del genere determinarono la riscoperta e l'esaltazione del tiro di basso fiancheggiamento, ed i tecnici di Federico II di Svevia ne accentuarono al massimo lo sfruttamento, dimensionando sulle sue potenzialità i loro castelli.

Dal punto di vista dinamico la balestra medievale con arco organico composito, disponeva nella migliore delle ipotesi di una forza pari a 45 kg, con una gittata di un centinaio di m; dopo l'introduzione dell'arco d'acciaio la forza ascese a circa 500 kg e la gittata ad oltre 400 m, equiparando così le migliori *manuballiste* a torsione romane, senza averne però l'estrema complessità meccanica. Ovviamente forze del genere non potevano essere accumulate tirando semplicemente la corda arciera ma necessitavano, al pari delle più antiche armi da lancio nevrotone, di verricelli e di appositi congegni, detti crocchi, leve, martinetti, mulinelli, torni, ecc., tutti in sostanza costituiti da piccoli argani fissi o mobili. Quanto alle munizioni furono presto distinte dai normali dardi degli archi, essendo necessaria una maggior robustezza per resistere alla spinta di lancio. Si ebbero perciò quadrelli, strali, bolzoni, dardi e persino palle, sempre più o meno tozzi e pesanti. L'insieme propulsore-proietto diede origine ad una vasta gamma di tipologie di balestre manesche e da posta[41], tra cui devono includersi anche le ultime con archi in lega di carbonio, cannocchiali di mira, visori notturni e puntatori laser.

41 Cfr. A.A.SETTIA, Comuni in..., cit., pp.140-56.

A fianco: *La balestra nella sua versione attuale, per impiego sportivo e militare, munita anche di puntatore laser.*

De Arte Carpentaria

Napoli, 1279: la costruzione di Castel Nuovo, meglio noto come Maschio Angioino.

Militaria mirabilia

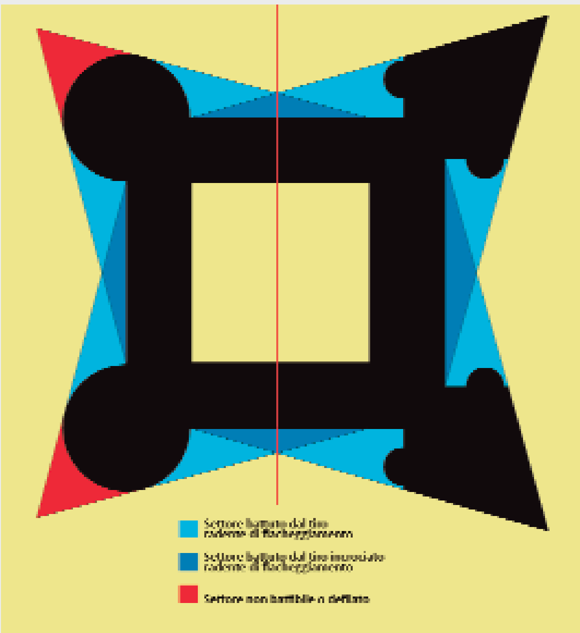
Il baloardo

Perché essendo il baloardo con grandi fianchi, e spalle, e facendo le fronti di esso baluardo la medesima linea, che fanno i tiri di artiglieria, tirati da i fianchi de i due altri baloard, che diffendono questo in mezzo di loro situato, ne segue che il nemico non si potrà mettere sotto le sue fronti, che non sia bersagliato dal fianco opposito dell'altro baloardo, e se si vorrà cacciare fra i due fianchi per mettersi sotto la cortina, tanto peggio per lui, perché da tutti due i fianchi sarà bersagliato.

Pietro Sardi Romano,
Architettura Militare, lib. II, cap. IV, 1639

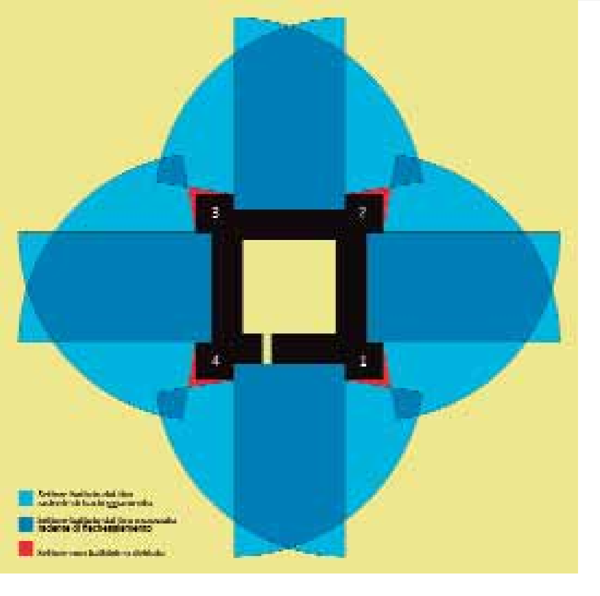
Quattro secoli prima

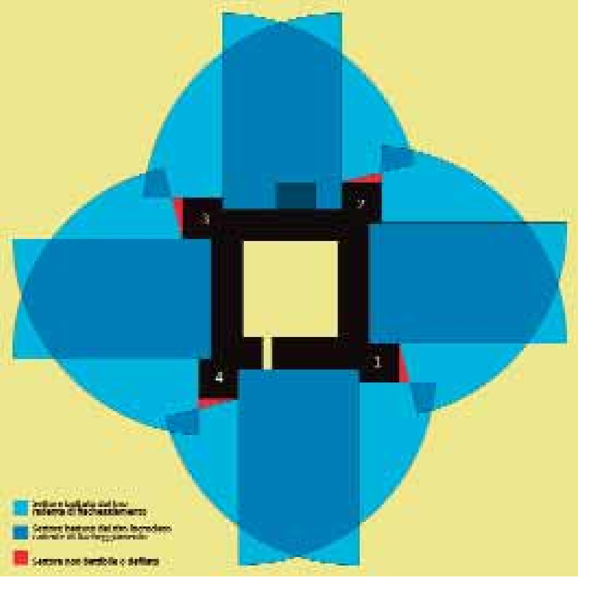
Durante gli assedi si era costatato che i dardi, scagliati senza una precisa destinazione ma con traiettoria orizzontale ad altezza d'uomo, colpivano più attaccanti. Il perché della letalità di quel tiro, detto radente, rispetto a quello mirato dall'alto delle mura, o ficcante, scaturiva dall'abbondanza di bersagli lungo la traiettoria del dardo: fallito il primo poteva colpire il successivo o quello ancora più indietro, mentre piombando obliquo, fallito il bersaglio si conficcava inerte nel terreno. Compreso il fenomeno, si sfruttò accentuando la fuoriuscita delle torri per aumentarne il tiro dai fianchi, o fiancheggiamento, efficace per frustrare l'acco-

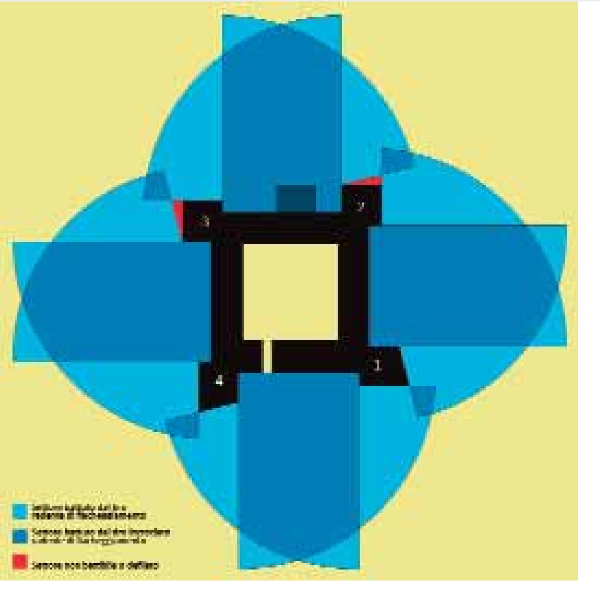


Sopra: *grafico di raffronto tra una fortezza di tipo tradizionale (a sinistra) ed una bastionata (a destra). In quest'ultima sono scomparsi i settori defilati.*
In basso: *il castello del Matinale, a San Felice a Cancello, Caserta.*

stamento al piede delle cortine. Ma non lo impediva al piede delle torri, dove si originavano dei pericolosi settori defilati, che solo l'avvento del bastione, agli inizi del '500, sopprimerà. Fino ad allora, però, la massima riduzione si ebbe nel castello svevo di S. Felice a Cancello, eretto intorno al 1240 e completamente abbandonato dopo la morte dell'ultimo erede di Federico II. Conserva nei suoi ruderi quella soluzione, una lieve alterazione della simmetria planimetrica con rotazione del basamento delle torri, che estendeva la difesa di fiancheggiamento dal coevo 65% del perimetro a quasi il 90%. Promotore forse il conte Tommaso d'Aquino, marito di Margherita, figlia di Federico II, e zio dell'omonimo santo: i trascorsi militari gli accreditano la competenza per farlo e la parentela con l'imperatore l'autorità per imporlo! In pianta il solito castello quadrato svevo: lato di circa m 27, corte di 12, torri quadrate ai vertici di 10; due piani fuori terra, per un'altezza originaria di circa m 15. La singolarità sta nell'innesto delle torri con le cortine: ciascuna, infatti, è ammorzata allo spigolo del recinto in modo da sporgere un paio di metri rispetto alla precedente e di rientrare altrettanto rispetto alla seguente. Pertanto ognuna copre il piede di un lato della successiva ed è protetta a sua volta dall'antecedente, dimezzando così lo sviluppo dei settori defilati. Ad eliminarlo quasi del tutto un secondo e più avveniristico espediente: le due torri poste ai lati del portale, erette sul versante meno ripido della collina e perciò più esposto, ostentano un'inedita torsione della base, fino all'altezza di circa 4-5 m, che ne mutava la pianta da quadrata a trapezia. Con tale espediente la torre protetta riusciva a fiancheggiare anche tutto il lato altrimenti defilato della protettrice, eliminandolo.





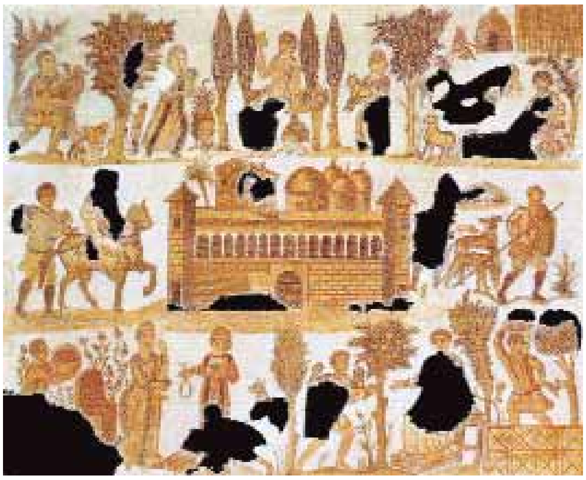


Sopra: *la torre n. 4 del castello: la modifica basamentale e, a fianco, la sporgenza della n. 3 sua protettrice.*
A fianco, dall'alto: *schema con i settori defilati di un castello tipo a quattro torri quadrate; schema informatore del castello di Cancello a settori defilati ridotti e lo stesso con le torri modificate per annullari.*

Parte Seconda:
Dal tetrapirgos al forte a quattro bastioni

La difesa delegata: la fortificazione civile

A partire dall'ultima fase dell'agonia dell'Impero d'Occidente, si osserva un crescente ricorso alla fortificazione elementare anche in edifici che, fino ad allora, non ne avevano mai avuto bisogno, accomunati soltanto dall'essere isolati. Dalle masserie autonome alle fattorie più periferiche, dalle chiese rurali ai monasteri appartati, l'adozione di espedienti architettonici difensivi divenne indispensabile per garantirsi un minimo di sicurezza prima dalle razzie di bande di predoni, sempre più fameliche e numerose, e poi dalle incursioni di branchi sbandati di barbari. Di più, ovviamente, esulava dalle potenzialità ostative di quella fortificazione leggera, ma era un chiaro segnale che presto divenne generale. Ed anche in questo caso, il progressivo incrementarsi delle connotazioni ostative conferma non certo che i predoni e i barbari fossero ormai capaci di espugnare tali edifici, ma il contrario, giustificando perciò pienamente gli oneri per siffatte ristrutturazioni, alternative alla evacuazione. E, in breve la fortificazione civile[1] si allargò a qualsiasi struttura che svolgeva un qualunque ruolo reputato vitale: finirono fortificati i pozzi, i granai, i ponti, le darsene, i santuari e, persino, i ricetti per il bestiame, essendo non solo indispensabile proteggerli per non vederli distrutti, ma anche per evitare che gli aggressori se ne potessero avvalere per incrementare il raggio delle scorrerie. Il castello, perciò, che costituisce la più evidente e, in ultima analisi, emblematica costruzione medievale può, almeno dal punto di vista residenziale, considerarsi l'estrema filiazione delle ville rurali fortificate, fermo restando l'evidente recupero dei criteri militari dei quadriburghi romani

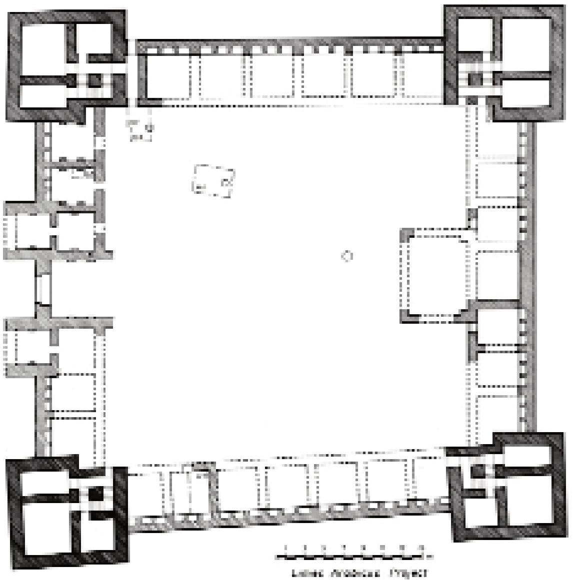


Sopra: *mosaici romani di epoca imperiale raffiguranti ville con torri colombaie.*

e, prima ancora, dei *tretrapirgos* ellenistici. I prodromi della singolare vicenda, come accennato, apparvero nelle lande agricole della tarda antichità, originando masserie che per funzione produttiva autarchica, ancor più che per forma architettonica, anticipavano i futuri castelli svevi a pianta quadrata e con quattro torri ai vertici.

Dal punto di vista giuridico il proliferare della fortificazione civile testimonia l'avvento, implicito o esplicito, di una sorta di delega da parte del residuo potere centrale alla difesa in armi, supportata da congrue fortificazioni civili, facoltà mai esistita prima

1 Cfr. F. RUSSO, *La difesa delegata. Ragguaglio storico sulla difesa civile armata in Italia,* Roma 1995, pp. 27-59.



né consentita in epoca contemporanea, per la sua rischiosa discrezionalità. Dal punto di vista storico, invece, il suo istaurarsi fu l'esito, non ultimo, della militarizzazione dei rurali verificatasi negli ultimi secoli dell'Impero nelle pianure dell'Europa centro-orientale. La necessità di adottare lungo i *limes* una difesa elastica[2], suscettibile di ampie penetrazioni nemiche, implicò che la sopravvivenza di tutti i piccoli nuclei abitati fosse affidata alla loro capacità di autodifesa nell'attesa dell'esercito. Questi, per conseguenza, finirono per assumere i connotati ibridi d'inusitate fortezze domestiche o d'inedite ville fortificate, con i lavoranti trasformati a loro volta in estemporanee milizie volontarie, come si coglie persino nei mosaici nordafricani e di Piazza Armerina.[3]

2 Cfr. E. N. LUTTWAK, *La grande strategia dell'Impero Romano*, Milano 1981, pp. 176- 177
3 Cfr. G. GUADAGNO, *Dalla villa al castello, analisi di un fenomeno*, in *Apollo, bollettino dei musei provinciali del salernitano*, n° 6, gen-dic. 1985-88, pp. 288 e sgg..

In alto: *scorcio del quadriburgum romano di Quasr Bashir, in Giordania, e la relativa planimetria.*

Città, villaggi e fattorie incapaci di adeguarsi vennero evacuate e abbandonate. Dal punto di vista architettonico, del resto, già le ultime ville rustiche differivano dalle tradizionali più antiche, una peculiare costruzione romana, per l'adozione di un impianto chiuso, con alte mura cieche alla base.

La planimetria classica ad U si era trasformata in un quadrilatero, i cui quattro corpi di fabbrica cingevano una corte centrale, accessibile dall'unico vano al piano di campagna, serrato da un solido portone ferrato. Ai quattro spigoli s'innalzavano altrettante torri colombaie, con lievi accorgimenti rese idonee alla difesa piombante e ad un modesto fiancheggiamento delle mura.[4] Immancabili elargivano, oltre alla prestazione difensiva, anche un concime pregiato, e spesso grazie ai loro colombi consentivano un collegamento epistolare celere con la città. Per il resto sottili feritoie lungo il perimetro, piombatoie sull'ingresso e sulle rare finestre, da cui si potevano saettare dardi e rovesciare liquidi ustori sugli assalitori. Fionde, forconi, spiedi, roncole e falcioni inastati[5]

4 Cfr. F. RUSSO, *Trenta secoli di fortificazioni in Campania*, Napoli 1999, pp. 169-73.
5 Cfr. W. REID, *La scienza delle armi, dall'età della pietra ai giorni nostri*, Milano 1979, pp. 161.

Sotto: *Villa del Casale, Piazza Armerina, Enna, mosaici raffiguranti delle milizie private.*
Nella pagina a fianco: *ricostruzione grafica di una villa romana del III sec. (sopra) e della sua fortificazione successiva (sotto).*

completavano l'arsenale dei difensori, reso ancor più nutrito e variegato dopo il diffondersi delle armi da fuoco. In definitiva, la villa rustica costituiva la variante rurale del quadriburgo legionario e ricomparirà nei castelli federiciani.

Poiché lo stimolo genetico delle ville rustiche fortificate si ravvisa nell'esposizione dei territori di frontiera alle scorrerie, non stupisce constatare che in età moderna le masserie fortificate, loro dirette discendenti, ebbero la maggiore adozione in Puglia, vera frontiera marittima dell'Occidente cristiano. Lì, con l'identica frequenza delle razzie dei briganti, si abbattevano quelle dei corsari turco barbareschi, obbligando ancora una volta a proteggere raccolti e armenti con adeguate fortificazioni.[6]

Altro manufatto archetipale della difesa delegata fu la casa torre, evolutasi presto in torre gentilizia ed edificata in gran numero in ogni comune, intorno al XIV secolo. Sotto il profilo architettonico si tratta di residenze sviluppate preminentemente in altezza, la difesa più economica ed efficace. Tuttavia, dovendo consentire anche l'espletazione delle attività mercantili dei proprietari, l'edificio si strutturò con la zona accessibile dalla strada isolata dai piani sovrastanti, raggiungibili soltanto con una scala volante rimossa subito dopo. La caratteristica più spiccata, e meno comprensibile, delle torri gentilizie è la loro vertiginosa altezza, non di rado eccedente la cinquantina di metri. Trattandosi di opere a preminente difesa passiva, tanta esagerazione non sembra giustificata, né dettata da sterile orgoglio, considerando che i costi di edificazione crescevano esponenzialmente al loro innalzarsi. Le sole risposte sensate, potrebbero ravvisarsi nel permettere dalla loro sommità a pochi uomini armati di balestra, ed in assoluta sicurezza, il pieno controllo dei sottostanti vicoli, come si effettua da

Dall'alto: *raffigurazione di falcioni in una miniatura tratta dal "Romance du Alexandre", edizione conservata presso la Bodleian Library dell'Università di Oxford; falcioni e roncola inastati.*
Nella pagina a fianco: *Masseria fortificata Giudice Giorgio, XVI sec., Nardò, Lecce.*

6 Cfr. F. RUSSO, *Guerra di corsa*, Roma 1997, vol. I, pp. 6-14.

bordo di un elicottero in volo stazionario, e della sommità delle altre torri limitrofe più basse.[7]

7 Cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma 2005, vol. II, pp. 176 e sgg..

In alto a sinistra: *Colle di Val d'Elsa - casa torre di Arnolfo di Cambio, XIII sec..*
In alto a destra: *casa-torre in Piazza della Magione, Lucca.*
Sotto: *dettaglio del plastico ricostruttivo in legno della città di Bologna intorno al XII sec., opera di Angelo Finelli nel 1927.*

Sempre alla difesa delegata appartenevano pure le torrette rurali, di largo impiego nelle fasce agricole rivierasche nel XV secolo e, ulteriormente, moltiplicatesi dopo l'entrata in servizio delle torri costiere del XVI secolo. Per lo più a pianta quadrata, constavano di un basamento tronco piramidale, con un alzato parallelepipedo, d'ingresso sopraelevato, di archibugiere sui fianchi delle finestre e di piombatoie lungo il coronamento del terrazzo. Il loro apporto cessò,

quasi del tutto, con gli inizi del XIX secolo. Qualche torretta e qualche masseria fortificata, per la verità, vissero una breve resipiscenza all'indomani dell'unità d'Italia, durante i tragici giorni del brigantaggio. Pochissime altre pure nell'immediato secondo dopoguerra, dopo di che tutte caddero nell'oblio.[8]

8 Cfr. V. FAGLIA, *Torri costiere ed edifici rurali fortificati*, Monza 1974, pp. 39 e sgg..

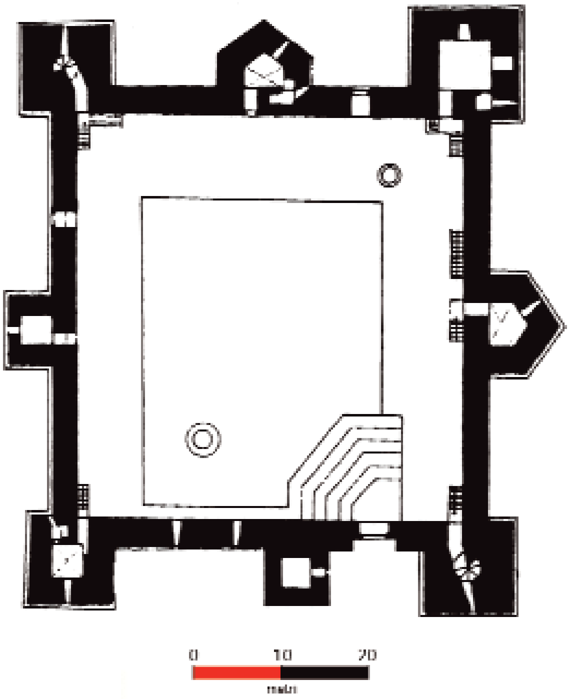
In alto: *Bologna, la torre degli Asinelli (m 97) e quella della Garisenda (m 48), con veduta della trama urbana dalla sommità della prima e delle scale interne.*
A fianco: *Portici, Napoli, i resti fatiscenti di una torretta per la difesa delegata.*

Il castello federiciano

Sebbene già sul finire dell'XI secolo fossero stati costruiti edifici fortificati che, per la loro complessità ed articolazione, vanno, senza alcun dubbio, considerati dei veri castelli e non più delle residenze fortificate, fu con Federico II di Svevia che siffatte opere attinsero la loro razionale definizione architettonica. In essi ben poco fu lasciato alla discrezionalità e all'originalità del progettista, vincolando piante, alzati e suddivisioni interne a dei rigidi canoni militari, architettonici ed estetici. Il castello, nella visione federiciana, costituiva un caposaldo autonomo con una precisa valenza tattica che, però, insieme ai similari disposti secondo un preciso schema, perseguiva finalità strategiche, interdicendo l'intero territorio ed appoggiando l'esercito nei suoi interventi.[9]

Da tale impostazione traspare una precipua concezione della difesa riecheggiante, in ultima analisi, quella imperiale romana dei primi secoli. Tutto ciò che è militare, infatti, o attinente alle esigenze militari, appartiene allo Stato ed è di sua competenza anche quando gestito ed impiegato con il congruo apporto dei civili, ma senza alcuna confusione di ruoli e prestazioni.[10] Si coglie ancora, ed è forse la

9 Cfr. E. KANTOROWICZ, *Federico II, imperatore,* Milano 1976, pp. 104 e sgg..
10 Cfr. G. MASSON, *Federico II di Svevia,* Milano 1978, pp. 93-95.



Sopra: *planimetria del Castello dell'Imperatore a Prato, Arezzo.*

In basso: *facciata di ingresso del Castello dell'Imperatore, XIII sec..*

novità più eclatante, una netta distinzione tra tempo di guerra e tempo di pace, dettaglio che confermerebbe un primo superamento dell'anarchia medievale, con la riaffermazione di precise garanzie sociali. Ma una così rigida destinazione dei castelli, non si attagliava a molti degli esistenti, tali spesso solo di nome essendo rozze dimore più solide, implicando perciò la loro demolizione. Né il numero degli idonei risultava sufficiente, obbligando perciò a costruirne un gran numero di nuovi. Essendo tutti finalizzati alle stesse esigenze e realizzati dallo Stato, ebbero un'unica connotazione, con poche e marginali varianti: un recinto quadrato con quattro torri quadrate ai vertici! Era, a ben guardare, il medesimo impianto dei quadriburghi dei *limes* imperiali romani e delle ville rustiche della tarda antichità, senza esserne una pedissequa imitazione. Alle spalle dell'opzione, infatti, si ravvisa l'apporto tecnico dell'Ordine Cistercense e dell'Ordine Teutonico, i cui ingegneri, per i loro conventi-aziende in Germania, già avevano individuato proprio nei ruderi delle ville rustiche o di qualche quadriburgo, l'ottimale rapporto costo-beneficio, tra capacità ricettiva e sicurezza residenziale, recuperandone i criteri informatori.[11]

Circa la tecnica costruttiva, essendo sempre l'altezza la principale difesa, parve logico avvalersi dell'arco a sesto acuto, o a ogiva di recente acquisizione. Anche in questo caso la sua diffusione viene ascritta all'Ordine Cistercense[12] che, con l'*opus francigenum*, ne esportò i canoni nel profondo Mezzogiorno.[13] Adattata alle specifiche esigenze militari, la modernissima tecnica edificatoria, definita *gotico nascente*, consentiva la realizzazione di vertiginose fortificazioni, solide ed economiche, capaci di espletare una temibile difesa piombante da appena due piani d'altezza.

Il castello federiciano, dedotto per concezione e struttura dalle costruzioni cistercensi, sotto il profilo militare fu subordinato, in ogni sua dimensione, all'impiego della balestra, ormai ampiamente diffusa. Le prestazioni dell'arma suggerirono l'esaltazione del tiro di fiancheggiamento, già teorizzato da Filone di Bisanzio[14] ed adottato dagli ingegneri romani. Per meglio sopportare i tiri nemici, l'intero perimetro fu munito di coronamento merlato, con merli rettangolari distanziati fra loro da un intermerlo di uguale larghezza. Al loro riparo i tiratori potevano ricaricare le armi, limitando l'apparizione dall'intermerlo agli istanti di lancio: ed anche questo fu un recupero culturale classico, essendo la merlatura federiciana quella romana, senza gli aggetti in muratura che compariranno alcuni decenni dopo, per ottimizzare la difesa piombante.

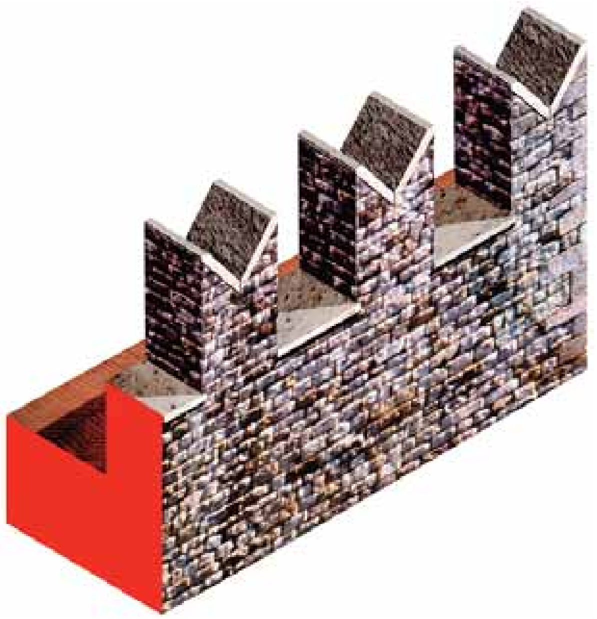
Nei castelli federiciani, invece, quel risultato si conseguiva con apparati posticci, dei ponteggi lignei a sbalzo applicati all'estradosso del coronamento. Si componevano di sporti infissi nelle mura alla base delle merlature, di circa un metro e mezzo d'aggetto, sui quali poggiavano orizzontalmente dei tavoloni e verticalmente una schermatura di graticci e leggere assi. Quella sorta di balconata era completata da una copertura spiovente, anch'essa di legno, che la rendeva simile ad una veranda pensile, corrente lungo

11 Cfr. F. L. CASTERN, *Le origini della Prussia,* Bologna 1982, pp. 19 e sgg..
12 Cfr. F. FARINA, B. FUNARI, *L'architettura cistercense e l'abbazia di Casamari,* Firenze 1981.
13 Cfr. S. LANGE, *L'architettura delle crociate in Palestina,* Como 1965, pp. 90-131.
14 Cfr. Y. GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque,* Paris 1974, pp. 279-403.

Sotto: *Carcassonne, Tolosa, Francia. Sulla cinta muraria della città è stato ricostruito in parte l'originario apparato a sporgere in legno del XIII sec..*

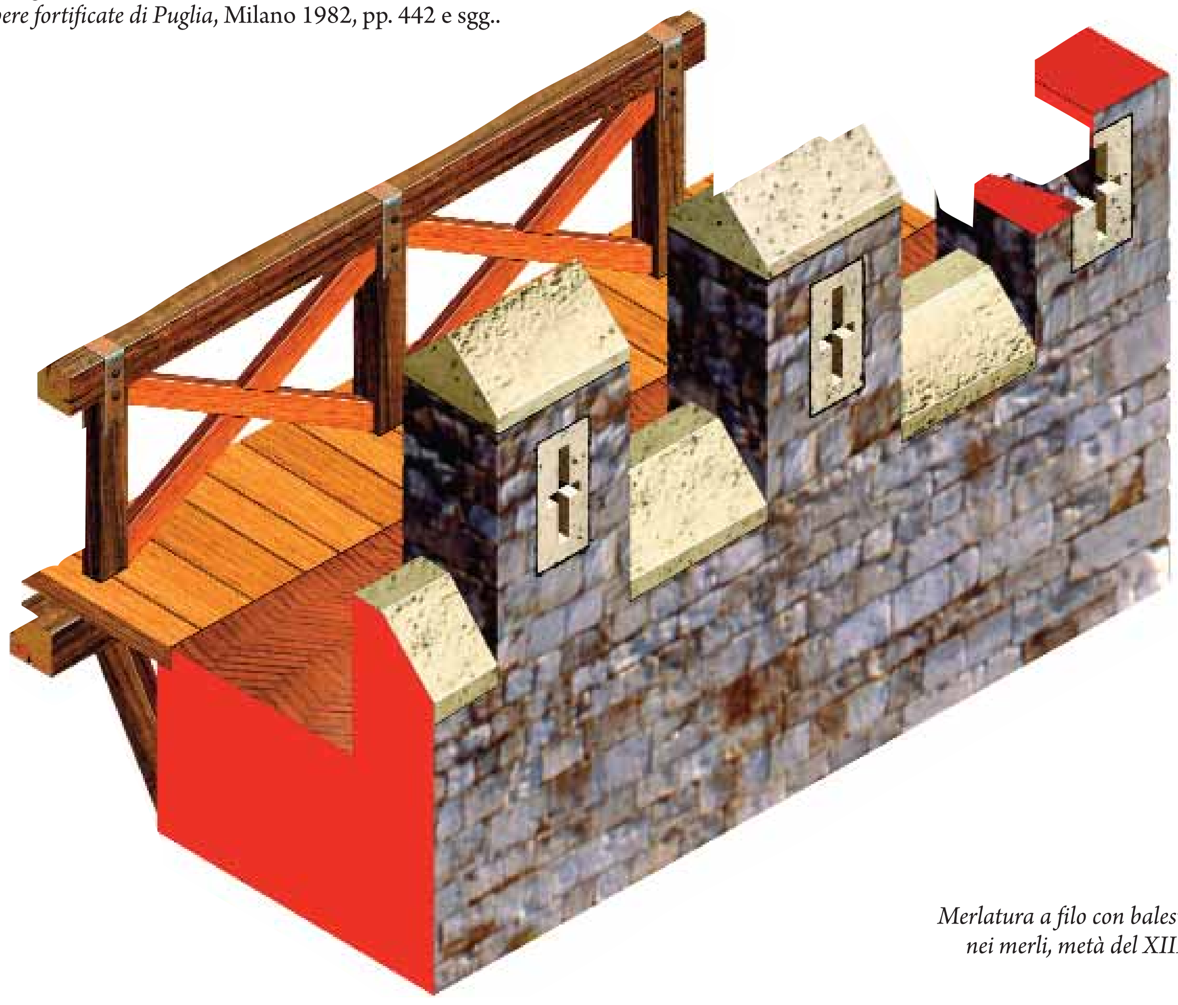
l'intero perimetro del castello. Attraverso apposite buche, disposte ad intervalli regolari del suo impiantito, dette *piombatoie* o *caditoie*, si potevano lasciar cadere massi e liquidi, in perfetta sicurezza. Identica sicurezza godevano pure gli arcieri e i balestrieri, che celati dietro la schermatura, saettavano dalle sue fessure i loro dardi. L'apparato a sporgere posticcio di legno, però, bruciava bene e durava poco, deficienze che spiegano l'assoluta mancanza di testimonianze materiali non iconografiche, e la rapida sostituzione con strutture murarie.[15]

I castelli federiciani non scamparono al comune destino di tutti i similari, di ottima concezione e d'indovinata collocazione, ovvero ai reiterati aggiornamenti strutturali per adeguarli all'avvento e all'evolversi delle artiglierie. Pochi ne rimasero indenni, perché inutili ai mutati assetti geo-politici, finendo cave di pietra: uno curiosamente pur subendo cospicue demolizioni, sta ancora in piedi, consentendoci delle interessanti constatazioni sulla sua evoluta concezione del fiancheggiamento.[16]

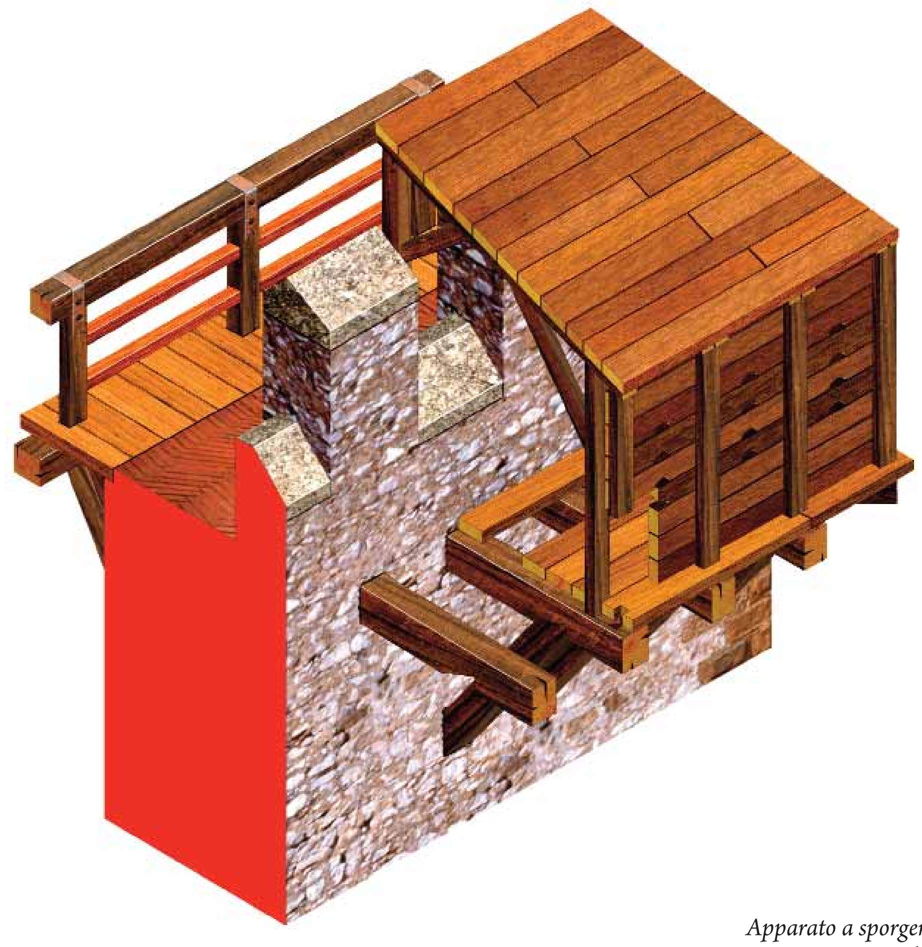


In queste pagine: *l'evoluzione dell'apparato a sporgere*
Sopra: *merlatura a filo a coda di rondine, prima metà del XIII sec..*

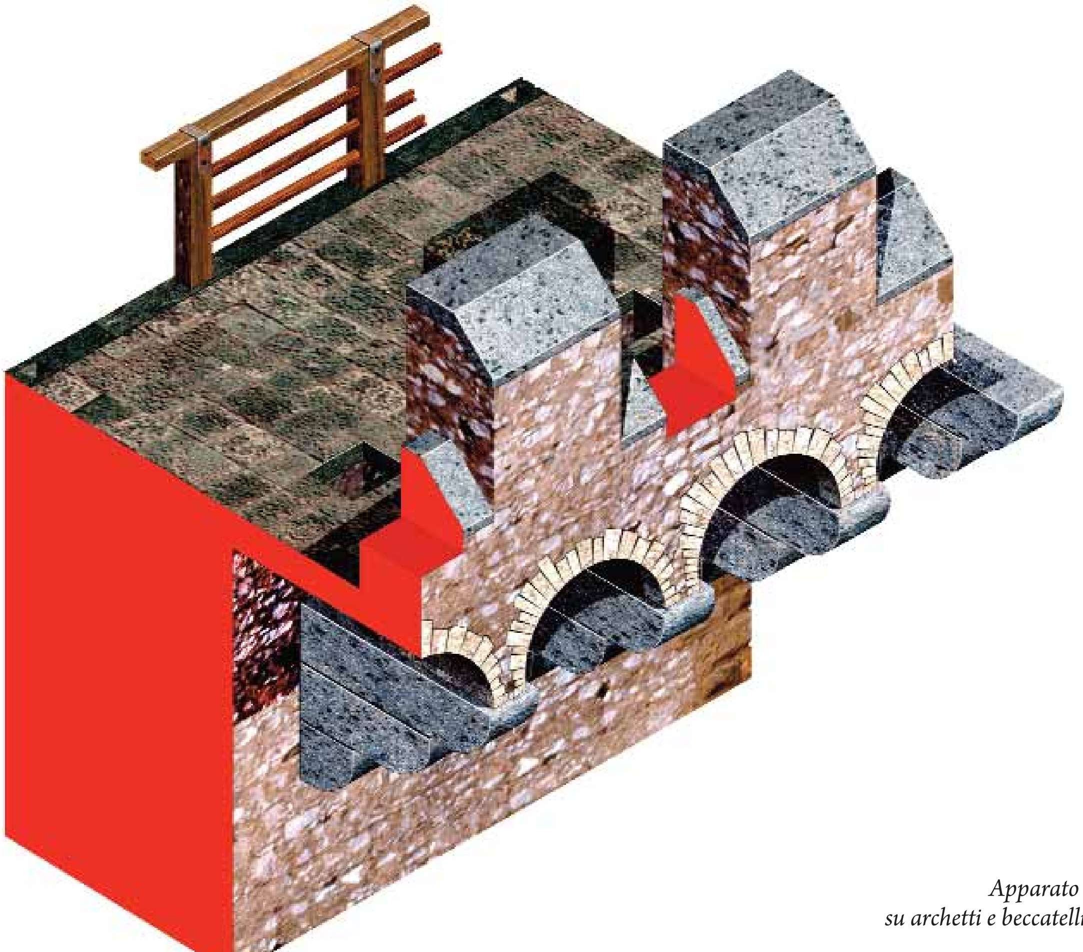
15 Cfr. A. CASSI RAMELLI, *Castelli e fortificazioni,* Milano 1974, pp. 134-146.
16 Cfr. A. WILLEMSEN, *Componenti della cultura federiciana nella genesi dei castelli svevi,* in R. DE VITA, *Castelli, torri ed opere fortificate di Puglia,* Milano 1982, pp. 442 e sgg..



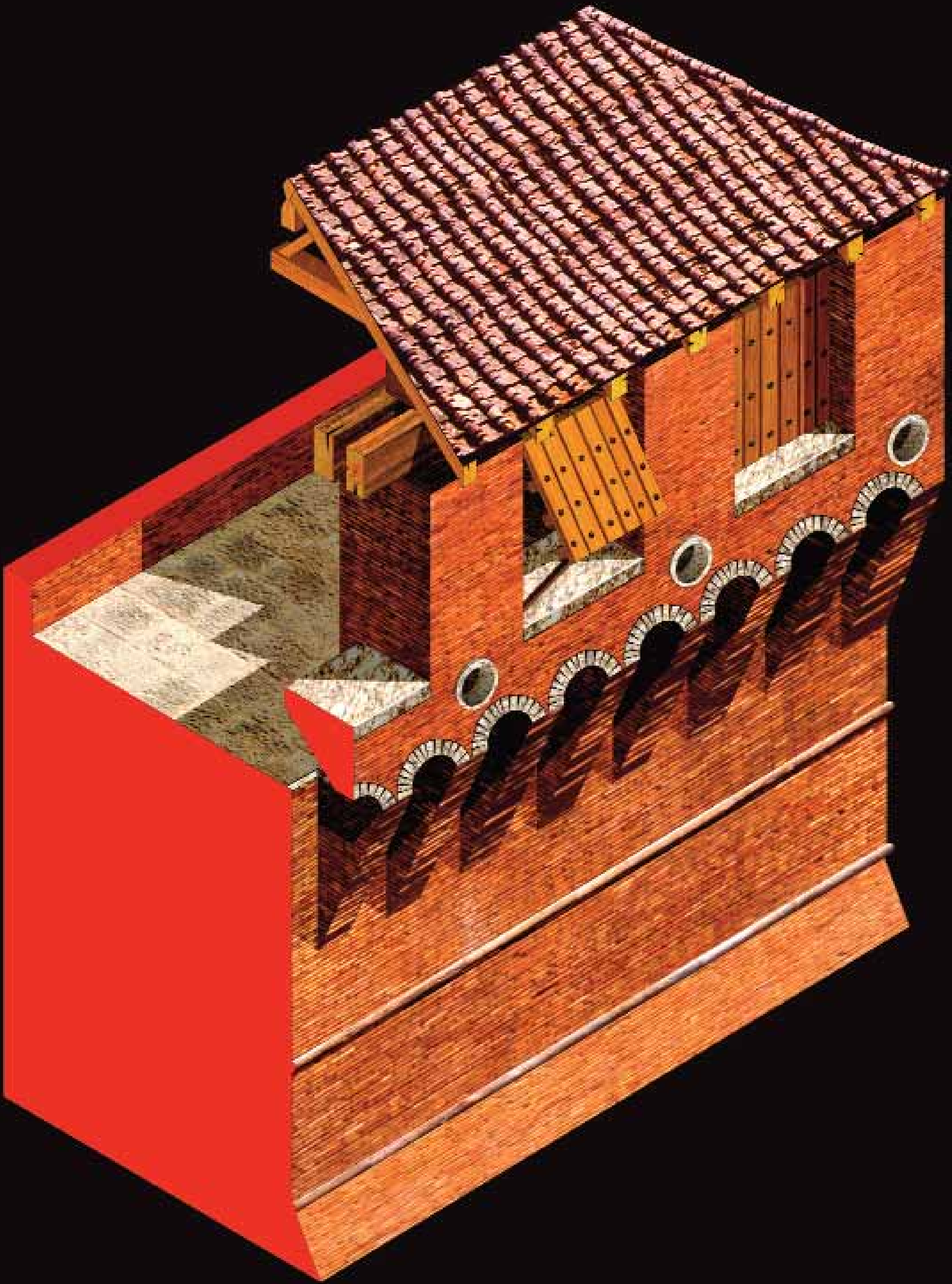
Merlatura a filo con balestriere nei merli, metà del XIII sec..



Apparato a sporgere posticcio in legno,
seconda metà del XIII sec..



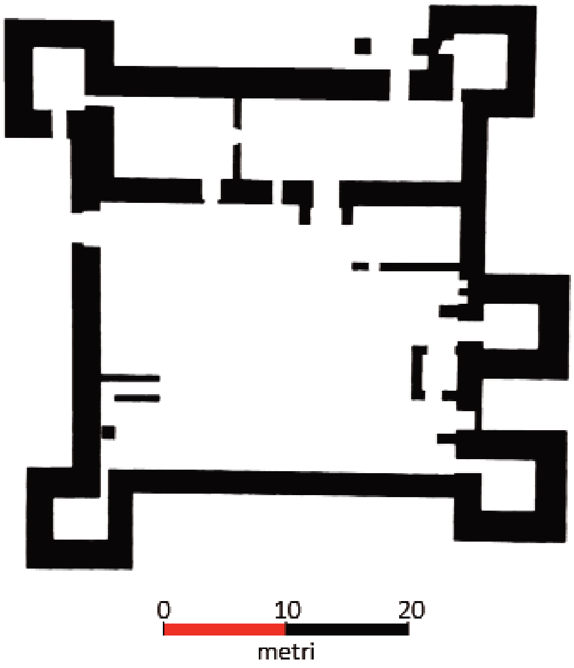
Apparato a sporgere
su archetti e beccatelli, XIV sec..



Apparato a sporgere su archetti e beccatelli con scudature sui merli, prima metà del XV sec..

Il comfort dei castelli federiciani

Scriveva Leon Battista Alberti[17], intorno al 1450: "*Le qualità del camino sono le seguenti: essere accessibile, poter riscaldare più persone ad un tempo, dare luce in quantità sufficiente, non essere esposto al vento; ma sarà provvisto di uno sbocco per il fumo, altrimenti mancherebbe il tiraggio. Non è bene pertanto sistemarlo in un angolo, né eccessivamente incassato nel muro, ma neppure d'altra parte in mezzo alla sala, ove gli ospiti siedono a mensa; non dovrà essere molestato da correnti d'aria provenienti dalle aperture; la sua imboccatura non dovrà sporgere di molto dal muro. La sua gola sia ampia, ben estesa orizzontalmente dal lato destro al sinistro, ed elevata verticalmente ad una altezza tale da superare con il comignolo tutti i timpani dell'edificio. Quest'ultimo accorgimento è richiesto sia per evitare gli incendi, sia perché non accada che il vento, infiltrandosi tra le tegole, invii folate nella gola, rimandando giù dall'alto il fumo...*"[18] Quando il grande architetto descriveva il caminetto, ormai abbastanza diffuso nelle case patrizie, erano trascorsi già due secoli dal suo debutto nei castelli svevi e, se molte soluzioni tattiche in essi adottate si persero con la dinastia, non altrettanto avvenne per alcuni loro innovativi impianti tecnologici destinati al *comfort*, adottati in seguito dalla architettura civile. Tra questi, le latrine con acqua e i camini per riscaldamento, ancora visibili nei ruderi del castello di S. Felice a Cancello.[19]



L'impiego di acqua corrente nei servizi igienici svanisce con il dissolversi dell'Impero romano, per cui quando ricomparve, dopo oltre otto secoli, poteva quasi considerarsi una assoluta novità! Il cami-

17 Cfr. L. B. ABERTI, *L'architettura*, a cura di G. Orlandi, Verona 1966, vol. I, pp. I-LVI.
18 Da L. B. ALBERTI, *De re aedificatoria*, Lib.V, cap.17, f.88.
19 Cfr. F. RUSSO, *Ingegno e...*, cit. vol. II, pp. 112-18.

A fianco dall'alto: *il castello del Matinale a San Felice a Cancello, Caserta; la planimetria del castello del Matinale; dettaglio dell'imbocco di un suo pozzo per il prelievo dell'acqua.*

Sopra: *Castel del Monte, Andria, Barletta, dettaglio dei resti del camino centrale.*
Nella pagina a fianco: *Castello del Matinale, San Felice a Cancello: una feritoia vista dall'esterno e dall'interno (in alto a sinistra); i resti del camino di una torre e la relativa canna fumaria (in alto e al centro a destra); una tubatura in terracotta per la raccolta dell'acqua piovana dalle coperture e lo sbocco della stessa sopra la cisterna (al centro e in basso a sinistra); i resti di una latrina (in basso a destra).*

netto domestico, invece, quando comparve nel XIII secolo, era una assoluta novità, non riscontrandosi nulla di simile in precedenza. Forse debuttò a Venezia intorno al 1230, replicando a Pisa sul finire dello stesso secolo, per divenire abbastanza comune nel XV secolo, per lo più con enormi cappe aggettanti da pareti o angoli, e perciò definiti *a padiglione.*[20]

Nel castello di S. Felice a Cancello, già menzionato, ne fu istallato uno in ogni ambiente di ciascuna delle cinque torri, con una altissima cappa e canna fumaria nello spessore del muro, finalizzato a mitigare le fredde nottate invernali di guardia e magari a riscaldare una qualche pietanza. In un piccolo vano adiacente, una latrina con un rudimentale lavabo, ben schermata e servita da un cavedo per il prelievo dell'acqua, dalla sottostante cisterna.

Occorreranno altri sette secoli perché un identico comfort si diffonda nella maggioranza delle civili abitazioni italiane!

Il primo campo di concentramento etnico

Nel Medioevo per l'acutizzarsi del fanatismo religioso e delle relative contrapposizioni, specialmente dopo la prima espansione islamica, si originarono violente discriminazioni etniche e razziali, ignote, almeno con tanta asprezza, nell'antichità classica. Le minoranze musulmane ed ebree, in particolare, finirono perciò dapprima emarginate e poi segregate rigidamente: basti pensare che proprio sotto Federico II, a onta delle sua tolleranza, agli Ebrei fu imposto di indossare la stella gialla![21] Sorte peggiore, almeno inizialmente ebbero i Musulmani, concentrati in un campo cintato: un campo di concentramento etnico il primo, e purtroppo non l'ultimo della storia al pari dell'imposizione della stella gialla.

Sull'altura che sovrasta Lucera si scorge, già da notevole distanza, la rossastra sagoma di una singolare costruzione di matrice federiciana. Si tratta, infatti, di un raro esempio di architettura militare a doppia valenza, antintrusiva ed antievasiva, cioè una fortificazione dall'esterno ed un carcere dall'interno. In quanto tale giustifica un'articolata digressione, a ridosso di un secolo macchiatosi, fino ai suoi ultimi anni, di ricorrenti genocidi.[22]

Nel 1221 Federico II di Svevia, erede per parte materna del regno di Sicilia, constata l'anarchia causata dalla reciproca intolleranza fra le diverse comunità religiose, nella Dieta di Messina stabilì precisi obblighi per i sudditi considerati 'spuri'. Primi fra tutti gli Ebrei che costrinse a rendersi facilmente identificabili con un apposito distintivo giallo. Fu la volta quindi dei Saraceni, annidati nelle propaggini più interne ed inospitali dell'isola, da loro trasformate in basi per scorrerie limitrofe. Dimostratasi vana ogni intimazione, nella primavera successiva Federico II diede l'avvio ad una massiccia operazione contro Jato, ritenuta la roccaforte islamica per antonomasia. La campagna si dimostrò sanguinaria nella dinamica ed effimera nei risultati, per cui dal 1224 venne integrata dalla sistematica detenzione dei saraceni catturati o rastrellati.[23]

20 Cfr. P. HEBRARD, *Caminologie, ou traité des cheminées: contenant des observations sur les différentes causes qui font fumer les chaminées, avec des moyens pour corriger ce défut,* Dijon 1756.

21 L'imposizione di un segno di riconoscimento agli Ebrei era stata voluta da Innocenzo III nel IV Concilio lateranense. Quanto al distintivo, nella maggior parte dei casi si trattò di una pezza di colore giallo.
22 Cfr. R. DE VITA, *Castelli, torri...,* cit., pp. 51-55.
23 Cfr. F. MAURICI, *Castelli medievali in Sicilia,* Palermo 1992, p. 307.

Dall'alto: *Lucera, veduta panoramica del recinto fortificato; veduta aerea del sito; ricostruzione grafica del palazzo-fortezza di Federico II.*

Nell'arco di un biennio i prigionieri raggiunsero le ventimila unità, cifra enorme per l'epoca, formata per giunta da una moltitudine miserabile di uomini, donne, bambini ed anziani, il cui indistinto sterminio ripugnava persino alla disinibita etica vigente. Senza contare che una soluzione del genere, dal punto di vista militare, avrebbe finito per rendere la resistenza dei tanti ancora liberi, irriducibile e fanatica. Probabilmente fu allora che Federico II si ricordò della remota decisione dell'avo materno, Roberto il Guiscardo, di deportare i Saraceni catturati, tanto più che non mancavano nei demani pugliesi luoghi idonei allo scopo, terreni ampi e incolti, deserti e lontani da ogni centro abitato. Proprio in un ambito del genere si sarebbe dovuto impiantare una sorta di campo militare, dove concentrare tutti i Saraceni siciliani, costringendoli a lavorare per sopravvivere, senza contatti esterni. In altre parole un antesignano *campo di concentramento* etnico.

L'antica colonia militare romana di Lucera, ormai una distesa di ruderi avviluppati da rigogliosi rovi sulla sommità di un assolato pianoro, con tre lati impervi ed uno meno ripido, sembrò possedere i requisiti ottimali. Ai suoi piedi un suolo che attendeva da secoli di essere recuperato all'agricoltura e, all'intorno, il vuoto. Nessuna difficoltà si frapponeva all'edificazione di un villaggio fra quelle macerie, il cui isolamento sarebbe stato garantito da una muraglia continua, condotta lungo il ciglio del pianoro e con un unico accesso sul versante meno ripido. Con teutonica solerzia, i lavori iniziarono senza alcun indugio, costringendovi, quasi certamente, i primi deportati.

Sebbene le scarne notizie ci tramandino una potenzialità ricettiva massima del recinto di circa 200 famiglie, pari a circa 2000-3000 unità, per quelle musulmane è verosimile supporre un'entità doppia. L'incessante affluire di altre colonne di derelitti, dopo una estenuante marcia di quasi 500 chilometri sotto la spietata sorveglianza delle milizie germaniche, fece in breve ascendere i deportati ad oltre 16.000, senza che la *pulizia* si confermasse conclusa. Pertanto la *Lucera Saracenorum*, nuovo nome della vecchia colonia, iniziò a debordare dai ristretti limiti del recinto acquisendo, giorno dopo giorno, il tipico aspetto di una casba araba con il bazar brulicante di merci e di vita. I suoi abitanti, infatti, avevano dissodata la terra circostante, di cui pagavano regolarmente il canone di affitto (oltre alla tassa per la tolleranza religiosa di islamica invenzione) ricostituendo con il ritrovato benessere[24],

24 Cfr. L. SANTORO, *Castelli angioini e aragonesi nel regno di Napoli*, Segrate 1982, pp.59-63.

Palermo, il sarcofago di Federico II custodito nella Cattadrale.

e l'esplicito incoraggiamento di Federico, la loro tradizionale società. Si erano dati un proprio capo e dei propri organi di polizia ed avevano costruito, oltre ai quartieri esterni al recinto, alquante moschee con i relativi minareti. Il campo di concentramento, in pochi anni, era diventato una laboriosa e pacifica cittadina araba.

Nel frattempo, il rispetto della dignità umana dimostrato dall'imperatore, le sue virtù militari, unite all'evidente fierezza ed indipendenza religiosa, gli avevano guadagnato l'ammirazione dei deportati. All'odio viscerale subentrò allora un'adorazione fanatica, che Federico seppe subito sfruttare, diversificando le attività della colonia. Tra i più prestanti ragazzi saraceni selezionò i migliori arcieri ed i più esperti guerrieri, formandone un autonomo reparto militare. Ai contadini affiancò schiere di fabbri, rinomati costruttori d'armi, ai quali commissionò lame e corazze per l'esercito imperiale. Anche le fanciulle furono incentivate a mettere a frutto la loro abilità, tessendo preziosi drappi e ricamando sfarzose vesti per il loro signore e per la sua corte. Col passar del tempo la stima e la fiducia reciproca si rinsaldò: per i Musulmani l'imperatore divenne l'indiscusso sultano e per Federico, gli antichi nemici, la sua guardia imperiale, immune da qualsiasi scomunica.

Quanto quel rapporto fosse radicato si evince dal sontuoso palazzo imperiale fatto erigere all'interno del recinto, ormai acquartieramento della guardia imperiale.[25] Per la fantasia popolare, che si sbizzarriva ad immaginare le dissolutezze del sultano battezzato protetto da sanguinari arcieri infedeli, era proprio al suo interno che schiere di splendide odalische allietavano le sue notti di depravazione e lussuria! Alla fine, il 17 luglio del 1245, Innocenzo IV lo dichiarò destituito e, mai come in quella circostanza, la guardia saracena confermò la sua incrollabile solidarietà, frustrando ogni ribellione.

È improbo, attualmente, ipotizzare l'aspetto originale del recinto che con uno sviluppo di poco meno di un chilometro circonda il pianoro. Per molti quello che si vede è opera di Carlo d'Angiò, edificato perciò dopo il 1269. Le perplessità e le incongruenze in tale ipotesi non mancano, lasciando perciò, motivatamente, propendere per una semplice riqualificazione. Di certo, con la morte di Federico per *Lucera Saracenorum* iniziò il tramonto. Agli inizi del XIV secolo dei Saraceni non vi è più traccia: all'interno del recinto sono ormai racchiusi dei branchi di maiali, che si spingono anche tra i ruderi del palazzo!

L'architettura di transizione

Stranamente, dei numerosi castelli eretti fra il XIII ed il XIV secolo, quelli precipui del pieno Medioevo, se ne rintracciano rari resti non stravolti da successive alterazioni, essendo la stragrande maggioranza, con aggiornamenti graduali, finita inglobata nelle più massicce fortificazioni del XV secolo, definite di *transizione*. Tipologia assurta, per ovvia conseguenza, a rappresentante per antonomasia dei castelli medievali.

La ragione dell'apparente paradosso è nella dinamica evolutiva dell'artiglieria, talmente graduale e lenta, da consentire l'adeguamento progressivo di tutti i castelli reputati ancora utilizzabili, di volta in volta con lievi interventi. Scriveva uno studioso di fortificazione permanente che: "*molto tempo ancora trascorse prima che la fortificazione prendesse nuove forme, atte a renderla più resistente alle nuove armi, ed appropriata all'uso delle medesime nella difesa. Imperocchè la sola esperienza poteva dimostrare l'insufficienza delle disposizioni allora usate, e vincere da una parte l'avversione alle innovazioni, ben naturale in un genere di costruzioni che richiede ingenti spese, e dall'altra da un certo rispetto per*

25 Cfr. C. A. WILLENSEN, D. ODENTHAL, *Puglia terra dei Normanni e degli Svevi*, Bari 1978.

l'antichità che forma uno dei caratteri di quei secoli del rinascimento delle arti e delle scienze."[26]

In pratica, durante quel lungo intervallo, sia le nuove fortificazioni sia gli adattamenti delle vecchie, entrambe confluite nella cosiddetta *architettura militare di transizione*, non furono una razionale risposta strutturale alle montanti offese delle bocche da fuoco ma, semplicemente, dei meri ingrandimenti dimensionali dei criteri informatori vigenti. Non si può, tuttavia, attribuire quest'infantile procedura all'incompetenza dei progettisti o alla sottostima delle potenzialità dell'artiglieria, ma soltanto all'errata valutazione dei tempi necessari per il loro pieno conseguimento. Nessuno, infatti, neppure i più attenti tecnici militari della metà del XV secolo, ne previdero l'imminenza del balzo evolutivo che si palesò pochi decenni dopo. Ed anche allora, come si praticava ormai da oltre un secolo, sembrò sufficiente incrementare la resistenza passiva delle opere esposte, aumentandone al parossismo le dimensioni. Significativamente, Francesco di Giorgio Martini, uno dei massimi architetti della transizione, così esponeva i suoi ultimi criteri di progettazione:

"*Io per me, quanto considerare ho potuto in nelle difese delle bombarde, assai difficil mi pare da esse potersi difendere. Ma de' più salutiferi modi che veder ci possa, sie da fare grosse ed amprie mura con alte e dependenti scarpe, tonde, acute, facciate, e smisurati torroni. E massime in sulle fronti estremità degli angoli, acciò che le opposte mura da essi difese e cuperte sieno. E in nella sommità d'essi i sopra posti calici colle loro difese* [il coronamento a sporgere] *...Possansi... fare alcune occulte difese in nelle loro bassezze overo infra gli angoli, acciò che due facce difendere possino...*"[27]

Le artiglierie, del resto, fino ad allora più che divenire grandi erano divenute grosse, lasciando presumere che, con un'analoga maggiorazione e qualche accorgimento, anche le fortificazioni avrebbero potuto continuare a fronteggiarle. Per ampie linee, infatti, gli interventi principali dell'architettura di transizione, da intendersi come tendenze, possono schematicamente così rubricarsi:

26 Da C. SACHERO, *Corso di fortificazione permenente d'attacco e difesa delle piazze forti*, II ediz. Torino 1861, p. 26.

In alto e sopra: *bombarde del XV sec.*.

27 Da F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, a cura di C. Maltese, Verona 1967, vol. I, p. 13.

1°- Abbassamento delle cortine e delle torri rispetto alla quota di campagna, ma non assoluto, dovendo la fortificazione conservare sempre una sua emergenza, per dominare il terreno circostante e garantirsi da improvvisi colpi di mano. Pertanto lo si ottenne approfondendo i fossati. L'altezza delle opere, quindi, mutò poco pur restando esposte per una minore superficie.

2°- Aumento cospicuo degli spessori di cortine e torri, mutandole perciò nei torrioni e nelle muraglie tipiche delle tante fortezze pervenuteci. Limitandosi la difesa passiva al contrasto degli impatti delle palle di pietra, se ne rivestirono gli estradossi con grossi conci di durissima pietra, vere corazze lapidee. Ma, essendosi osservato che le palle di cannone affondavano inerti nelle macerie da esse prodotte, si iniziò a riempire di terra mura e torri. Il criterio, che sarà uno dei capisaldi della nuova architettura militare, è lo stesso della concezione di assorbimento d'urto adottata sugli autoveicoli per la sicurezza passiva.

3°- Sostituzione, senza variarne la prassi d'impiego, delle artiglierie elastiche con quelle a polvere piazzandole perciò sulla copertura dei torrioni, o *piazza d'armi*. La soluzione infelice dal punto di vista balistico e strutturale, di scarsa interdizione e di eccessiva sollecitazione delle murature. Solo alla fine del '400 le artiglierie vennero collocate in basse casematte, consentendogli il tiro di fiancheggiamento, radente ed incrociato.

4°- Sostituzione dei fragili merli con robusti merloni a profilo sfuggente, detto propriamente *balistico*, per agevolare la deviazione delle palle.

5°- Moltiplicazione delle difese antemurali, fossati e scarpe, che contribuivano a tenere a distanza le artiglierie e a deviarne gli impatti.

I suddetti accorgimenti, adottati in misura discrezionale, pur garantendo ad un gran numero di fortificazioni ancora un secolo di sopravvivenza, sul finire del Medioevo si rivelarono pateticamente vulnerabili di fronte alle rivoluzionarie artiglierie francesi. Nel giro di pochi mesi l'impianto difensivo, basato sulla cooperazione torri-cortina, esaurì dopo

In alto: *Otranto, lungo i vicoli del centro storico si incontrano ancora delle grosse palle di pietra scagliate dalle bombarde turche durante l'assedio del 1480.*
Sotto: *Le Castella, Isola Capo Rizzuto, Crotone : i merli sono stati sostituiti con merloni a profilo balistico.*

quasi tre millenni, la sua vicenda: nessun castello, nessuna fortezza, nessuna cerchia urbica, anche se appena ultimata, era più valida. Lo stesso Francesco di Giorgio, quasi al tramonto della vita, scriveva constando la palese inadeguatezza delle sue fortificazioni:

"*Ma li moderni ultimamente hanno trovato uno istrumento di tanta violenza, che contra a quello non vale gagliardia, non armi, non scudi, non fortezza di muri, perocchè con quello ogni grossa torre in piccolo tempo è necessario si consumi...*"[28]

Quasi a voler meglio ribadire il concetto ne precisava le estreme conseguenze, in una sorta di testamento spirituale, con queste parole:

"Sono stati alcuni [però] *che per defendere le mura dalla potenza della bombarda e per più offendere li nimici, hanno fatto le mura grosse e con più torroni con difese ed offese per fianco. Le quali più per grossezza che per ingegnoso remedio fanno alquanto maggiore resistenzia che le altre antiche, niente di meno per spazio di tempo infine sono superate.*

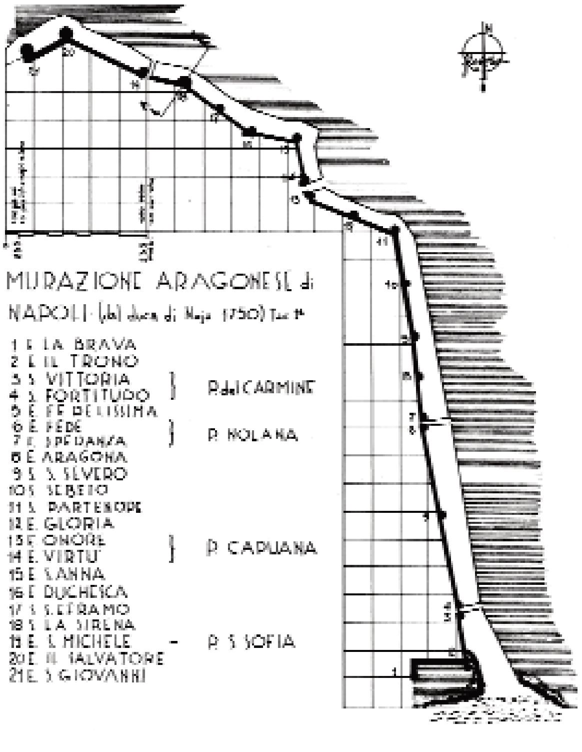
Onde considerati li edifici per fortezze fabbricati in Italia massimamente se può dire con verità che el non sia rocca alcuna o fortezza che per via di bombarde, gittando le mura a terra, ovvero almeno le offese [e le difese], *non si possi espugnare e debellare..."*[29]

Il che soprattutto per il regno di Napoli, la cui linea di piazzeforti costiere aveva di recente subito una radicale riqualificazione, spesso proprio sotto la direzione di Francesco di Giorgio, come del resto la stessa Napoli dotatasi da pochi anni della sua nuovissima murazione orientale.

Le mura inutili

Per il regno aragonese di Napoli, nella seconda metà del '400, la minaccia turca costituiva la principale preoccupazione, sebbene anche la crescente ostilità della Francia di Carlo VIII, non lasciasse presagire un futuro tranquillo. Si spiega così che nel 1484 fu avvertita in maniera impellente la necessità di fortificare meglio la stessa Capitale, ed ovviamente anche per lei si adottarono i vigenti criteri architettonici al massimo delle loro potenzialità, tanto da rendere il suo Castel Nuovo, di origine angioina, con le nuove mura orientali quasi il vertice della transizione. Ciò premesso, esauriti i complessi preliminari, con l'avvento dell'estate, la costruzione ebbe finalmente inizio:

"*Hoggi che sono 15 jugno 1484 si è posta la prima preta de le mura nove di Napoli con le turre,*



28 Da F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati...*, cit., vol. II, p. 418.
29 Ibid. p. 428.

In alto: *Napoli in una stampa della fine del XV sec., sulla sinistra si scorge la murazione aragonese.*
A fianco: *sviluppo planimetrico della murazione aragonese di Napoli.*

et s'ei posta innanzi lo Carmine presente la maestà de lo signore re Ferrante, et lo capo de dette mura ei messer Francisco Spiniello."[30]

Così nella scarna cronaca del Passaro, la descrizione della cerimonia della posa della prima pietra della erigenda murazione orientale di Napoli, che diede inizio nell'estate del 1484, con grande solennità e sotto la diretta supervisione del Re, all'ampliamento della sezione orientale della cerchia urbica, a partire dallo *spigolo del Carmine*. L'opera, nei termini di un programma organico ed esecutivo, quale fu poi concretamente realizzato, non si può retrodatarla oltre il 1483 e si snodava lungo la direttrice Forte del Carmine - Castel Capuano - via Foria.

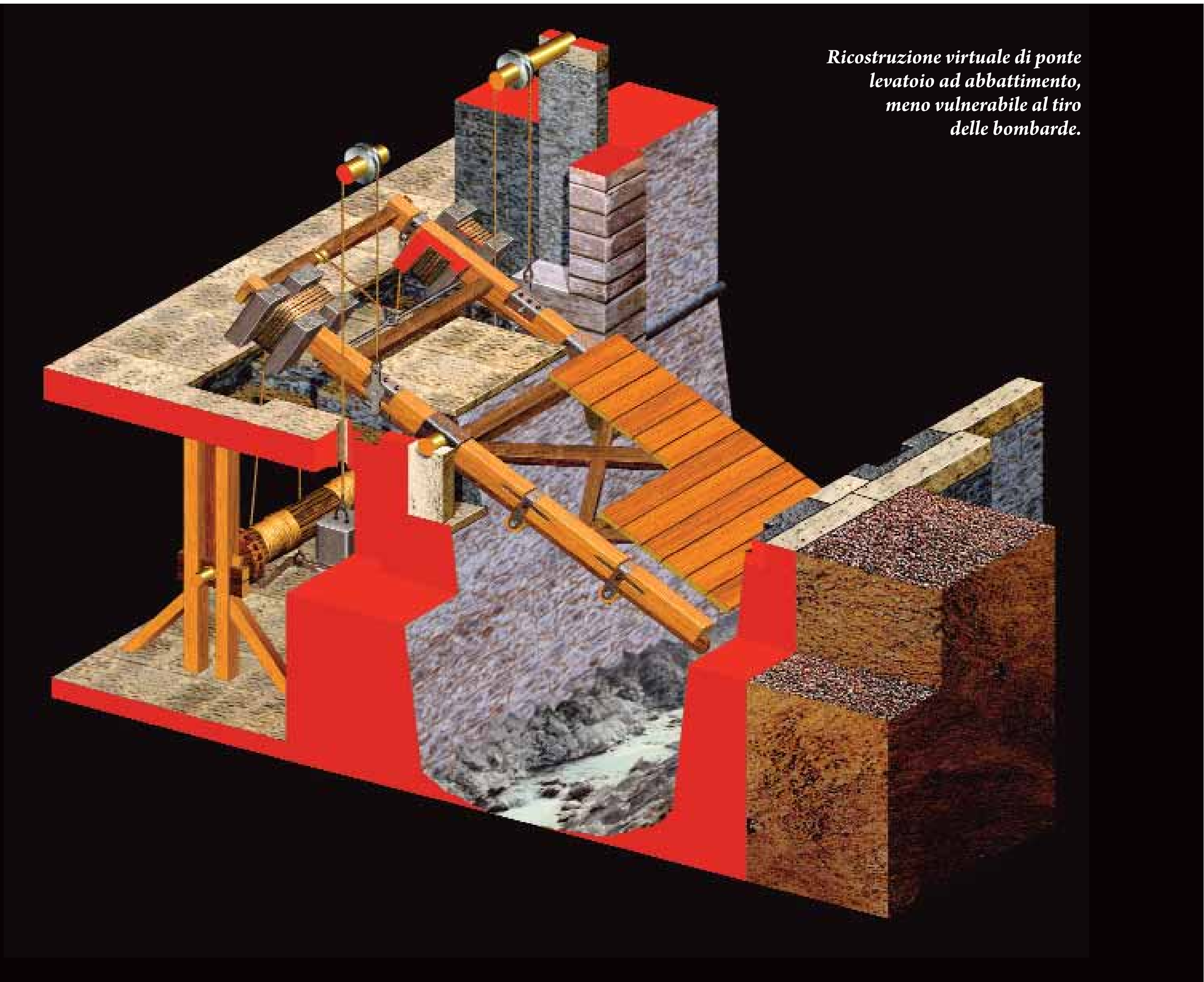
La poderosa fortificazione, lunga circa due chilometri, constava di una massiccia cortina ad andamento rettilineo-spezzato, difesa da venti torrioni lungo la direttrice orientale, più uno lungo la marina, tutti di mastodontiche dimensioni, in saliente dal filo esterno della cortina. Un ampio e profondo fossato debitamente controscarpato, impediva l'accostamento alla muraglia; quattro i ponti, che in corrispondenza di altrettanti varchi, di cui tre a carattere monumentale, le porte del Carmine, Nolana e Capuana, ed uno di tono minore, detto di S. Sofia, assicuravano l'accesso alla città.[31]

La struttura muraria della cortina fu composta da una solidissima massa passiva, con spessore oscillante fra i cinque ed i sette metri, edificata impiegando blocchi di tufo giallo di estrazione locale, ben cementati. L'estradosso, una sorta di durissima corazza lapidea di basalto grigio, fu realizzato, invece, con conci parallelepipedi spessi ed alti circa mezzo metro, disposti in corsi regolari. Verticalmente, secondo i canoni martiniani, ebbe la parte basamentale scarpata, con discreto angolo di abbattimento, e la sovrastante perfettamente a piombo: fra le due correva un cordone torico.[32]

30 Da G. PASSARO, *Giornale Historico, di Napoli et suo regno dell'anno 1189 fino al 1526*, alla data.

31 Cfr. F. RUSSO; *La murazione aragonese di Napoli: il limite di un'era, in Archivio Storico per le Province Napoletane*, CIII dell'intera collezione, Napoli 1985.

32 Cfr. A. DELLA ROCCA, *Le mura di Napoli aragonese. Porta Capuana. La loro vicenda storica*, Napoli 1978, pp.10-11.



Ricostruzione virtuale di ponte levatoio ad abbattimento, meno vulnerabile al tiro delle bombarde.

Sopra: *Napoli, Porta Nolana, fine XV sec..*
In basso: *Napoli, Porta Capuana.*

I torrioni, riempiti di terra, ebbero un diametro compreso fra i dieci e i venti metri: parzialmente cavi quelli fiancheggianti le porte, avendo all'interno i vani per il corpo di guardia e per la manovra della chiusura. Sulla loro copertura si piazzarono le artiglierie, protette da una merlatura appena più robusta della tradizionale. Dei ventuno torrioni originali ne sopravvivono quattordici, più o meno deturpati e fagocitati da una squallida edilizia abitativa; della poderosa cortina brevi lacerti di poche decine di metri, e per giunta limitati alla sola sezione scarpata, anch'essi manomessi ed alterati. Scomparsi del tutto il fossato, di una ventina di metri di larghezza ed almeno sei di profondità, i ponti antistanti alle porte e la strada di circonvallazione interna, che assicurava la perfetta agibilità della fortificazione, il munizionamento e la manovra delle artiglierie. Integre, invece, le porte Nolana e Capuana, distrutta barbaramente sul finire del XIX secolo quella del Carmine: della quarta, di S. Sofia, riesce difficile persino stabilire l'ubicazione.[33]

Appena undici anni dopo l'impostazione, nel 1495, la nuovissima murazione napoletana ebbe il suo battesimo del fuoco, o per meglio dire, avrebbe dovuto averlo. Per le vaste conseguenze nell'ingegneria militare, potrebbe considerarsi un test decisivo, un confronto fra la più avanzata fortificazione di transizione italiana e la più evoluta artiglieria francese. Prima dei mitici cannoni di Carlo VIII[34] giunse a Napoli la notizia della loro terribile efficacia: il 9 febbraio Monte San Giovanni, fortezza di frontiera sulla linea del Liri, che aveva resistito a sette anni di assedio, era stato annientata. Spaventosi i dettagli: in appena quattro ore di cannoneggiamento la cortina aveva ceduto in almeno tre punti, frustrando ogni ulteriore difesa.[35] Un'altra ora ancora ed i 700 uomini della guarnigione giacevano passati per le armi! Il panico dilagò: Capua si arrese il 18 febbraio, non osando opporsi. Lo stesso accadde a Napoli, dove il 20 l'avanguardia francese

33 Cfr. L. SANTORO, *Le mura di Napoli,* Napoli 1984, p. 182.
34 Cfr. R. A. PRESTON, S. F. WISE, *Storia sociale della guerra,* Verona 1973, p. 120.
35 Cfr. P. PIERI, *Il Rinascimento e la crisi militare italiana,* Torino 1952, p. 340.

entrò senza aver dovuto sparare un colpo: due giorni dopo Carlo VIII sfilò per la città dopo il solenne ingresso alla testa della sue truppe da Porta Capuana, abbastanza simile, ironia della sorte, ad un arco di trionfo.[36]

Il tempo storico della murazione aragonese era irreversibilmente scaduto: sopravvisse senza subire alcun smantellamento restando in un certo senso il monumento di se stessa, ed il canto del cigno della transizione. E mentre il suo grande ispiratore redigeva quella sorta di testamento tecnico, un altro ingegnere stava costruendo una fortezza dalle inedite connotazioni, che avrebbe restituito all'architettura militare la sua piena capacità ostativa.

36 Cfr. G. PORCARO, *Le porte di Napoli, Napoli 1970.*

In questa pagina: *alcuni torrioni della murazione aragonese di Napoli, opera attribuita a Francesco di Giorgio Martini.*

La trace italienne

Se i cannoni francesi avevano decretato la fine irreversibile della transizione in Italia, sarà proprio in Italia che pochi mesi dopo nascono le idee guida della nuova architettura militare che riuscirà a restituire alla fortificazione la sua affidabilità, se non proprio la sua superiorità. La singolare vicenda ebbe inizio all'indomani della tragedia di Monte San Giovanni, sotto la forte pressione della necessità difensiva, in parole povere della paura, esaurendosi dal punto di vista teorico nel breve volgere di un paio di decenni. Esattamente come i cannoni di Carlo VIII, quei criteri sarebbero rimasti in sostanza immutati per i successivi tre secoli, capisaldi teoretici di quella che sarà dapprima la *trace italienne* ed in seguito diverrà per tutti il *fronte bastionato.*[37] Canoni senza dubbio rivoluzionari ma che, in estrema sintesi e per grande approssimazione, possono ridursi a due, ovvero la terrapienatura delle superfici esposte al fuoco e l'eliminazione dei settori defilati: cioè una riformulazione sia della difesa passiva che di quella attiva.

Alle spalle del primo criterio innovativo una sua premessa si coglie durante l'assedio di Costantinopoli. Stando alla cronistoria redatta da Critobulo di Imbro[38], per ordine del comandante del contingente genovese Giovanni Giustiniani Longo, il 18 aprile del 1453, minacciando due bombarde turche, da 400 e 800 mm di calibro, una ristretta sezione delle mura della città, nel corso della notte, fu accatastato dinanzi alle stesse un enorme cumulo di balle di lane. L'espediente, tuttavia non sembra essere riuscito pienamente, ma costituì comunque un indubbio

precedente, peraltro non del tutto inedito. Una settantina di anni dopo, tuttavia, sarà Michelangelo a proporlo, in occasione dell'assedio di Firenze, quando nella sola giornata del 29 ottobre del 1529 il campanile di San Miniato ricevette almeno una cinquantina di impatti balistici. Per proteggerlo fece schermarlo con ben 18.000 balle di lana, concesse dall'Arte della Lana.[39]

Trascurando quel significativo precedente, la vera genesi tecnica della concezione morbida delle mura,

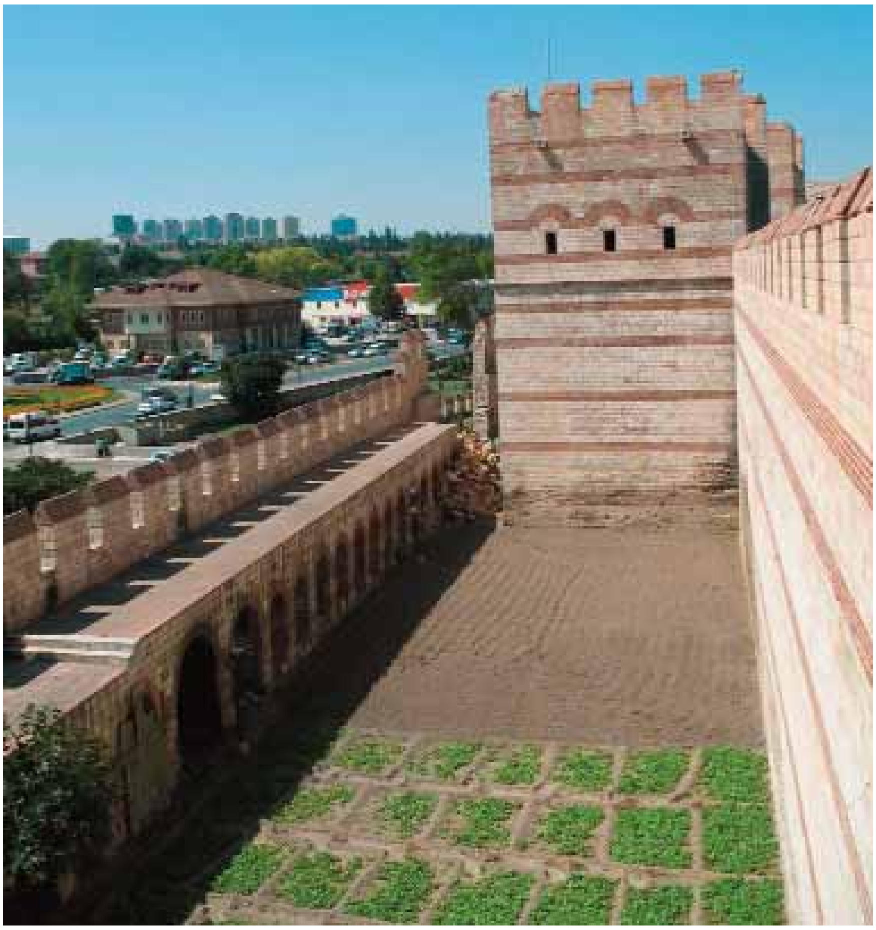
37 Cfr. A. GUGLIELMOTTI, *Storia delle fortificazioni nella spiaggia romana*, Roma 1880, pp. 3-41.
38 Cfr. A. PERTUSI, *La caduta di Costantinopoli*, Verona 1976, vol. I, p. LXXXVI.

39 Cfr. C. MONTU', *Storia dell'artiglieria italiana*, Roma 1934, vol. I, p. 455.

In alto: *ritratto di Carlo VIII.*
Sotto: *i resti del Castello di Monte San Giovanni.*

Sopra ed in basso: *le mura di Costantinopoli.*

sembra scaturire proprio dallo stallo degli investimenti ossidionali condotti con le artiglierie, quando nelle macerie da loro prodotte le palle affondavano inerti senza ulteriori danni. Da puro ingombro il mucchio di detriti si trasformava in un ostacolo insormontabile per qualsiasi volume di fuoco, per quanto violento potesse essere. Si trattava, in sostanza, di un ribaltamento radicale di concezione: non più un estradosso compatto e durissimo ma, al suo posto, un morbido argine di terra lievemente compattata, per consentire l'innocuo scaricarsi dell'energia cinetica residua dei proietti. Per usare una terminologia contemporanea, si potrebbe ragionevolmente parlare, in merito al criterio informatore, di difesa ad *assorbimento d'urto*. In pratica ogni opera per resistere ai tiri delle nuove artiglierie avrebbe dovuto trasformarsi in un basso circuito chiuso di materiale incoerente a minima compattazione, una variante moderna del preistorico *aggere*!



Defilare e terrapienare le fortificazioni le avrebbe rese certamente resistentissime, forse addirittura indistruttibili alle offese delle coeve artiglierie, ma ciò non avrebbe significato automaticamente inespugnabili, non limitan-

dosi alcun investimento al cannoneggiamento. Ad un tradizionale assalto condotto con le ultramillenarie scale, un'opera del genere, priva cioè di una temibile e razionale difesa attiva mediante artiglierie della stessa concezione tecnologica, sarebbe subito caduta. Conseguita, pertanto, una discreta invulnerabilità occorreva fornire alle fortificazioni anche una potenzialità offensiva congrua alle nuove artiglierie, capace di eliminare ogni precedente inadeguatezza e, soprattutto, ogni angolo morto esterno al perimetro. E non implicando la difesa spostamenti delle artiglierie, si sarebbero proficuamente potuti impiegare addirittura pezzi di gran lunga più pesanti, e quindi più potenti di quelli d'assedio, ovviamente alla francese.

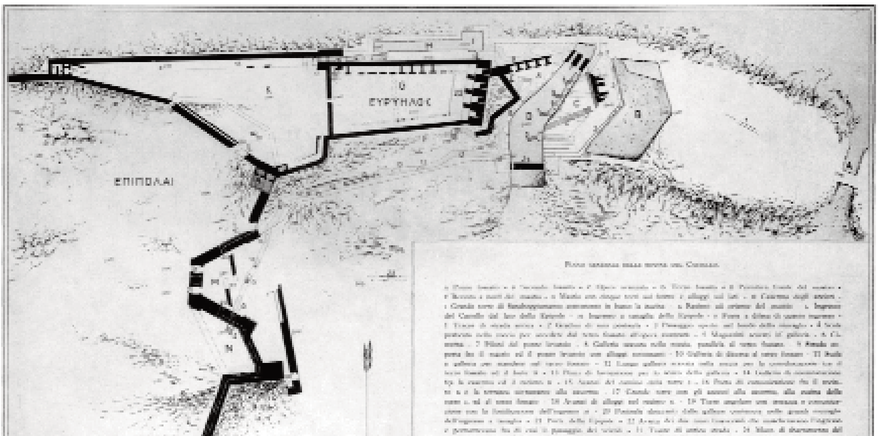
L'incremento di gittata di quei pezzi, infatti, consentiva di battere punti fino ad allora troppo distanti per una precisa mira. La stessa mitraglia, ottenuta con proietti frammentati, per lo più scaglie di pietra o schegge di ferro, in precedenza non attuabile per l'eccessiva dispersione della rosata provocata dall'eccessivo calibro delle bombarde, era possibile, dimostrandosi micidiale persino a notevole distanza. Pochi tiri bastavano a spazzare il fossato da centinaia di metri distanza, ed incrociando i tiri di cannoni collocati alle due estremità di una cortina di discreta lunghezza, l'intero spazio antistante sarebbe stato completamente saturato dalla mortifera grandine!

In dettaglio, due pezzi intervallati da segmenti di cortina di circa 100 m, tirando verso la campagna, con angoli acuti opposti, avrebbero interdetto un'area triangolare col vertice a più di 200 m, coprendo così quasi un ettaro di terreno. Con la cadenza di fuoco precipua dei nuovi pezzi, le salve si sarebbero potute succedere con intervalli talmente brevi, da rendere impossibile, chiunque di superare indenne lo spazio fra il limite di gittata e il piede del muro. Per valutare quanto tale potenzialità contrastasse con le precedenti è sufficiente ricordare che la medesima coppia di cannoni, tirando a mitraglia dall'alto di due torrioni avrebbe saturato un'area non superiore ad un migliaio di mq, con esiti letali soltanto nei punti prossimi all'impatto nel terreno e non lungo l'intera traiettoria. Senza contare che col crescere del diametro dei torrioni cresceva pure il settore defilato antistante: assodata la loro inidoneità quale configurazione dare alle opere preposte al fiancheggiamento?

La vera soluzione sarebbe stata quella di eliminare drasticamente ogni sia pur minimo angolo morto, ovvero elaborare inediti schemi planimetrici tanto più che i tradizionali non risultavano compatibili con la difesa ad assorbimento d'urto. Dal punto di vista meramente storico, tanto il problema del settore defilato, quanto la sua soluzione, non costituivano neppure allo scadere del Medioevo una eclatante novità, fatte salve le loro dimensioni. Già sedici secoli prima, come accennato, Filone di Bisanzio e molti suoi colleghi, si erano cimentati con il medesimo problema, acuito anche allora dall'avvento di una temibile artiglieria, elastica ovviamente, elaborando varie soluzioni. Tra queste, in particolare, una murazione ad andamento spezzato, a zig-zag, meglio definita a cremagliera, a denti di sega o a salienti e rientranti. Proprio nei vertici rientrati si sarebbero praticate le feritoie per catapulte e baliste, consentendo così ad ogni coppia di siffatte armi di fiancheggiare da due contigui appostamenti, rispettivamente adiacenti, a destra e a sinistra, allo spigolo rientrante in modo da poter tirare lungo l'intero segmento di cortina fino allo spigolo saliente, dove si sarebbero addirittura incrociati i tiri.[40] Nessun angolo morto, nessun settore defilato: unica accortezza evitare che il singolo segmento di cortina eccedesse il tiro utile delle armi, ridotto prudentemente ad un centinaio di metri.[41] Un esempio di tale concezione si scorge an-

40 Cfr. E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillery. Historical development*, rist. New York 1999, pp. 86-98.
41 Cfr. F. RUSSO, *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica*, Roma 2002.

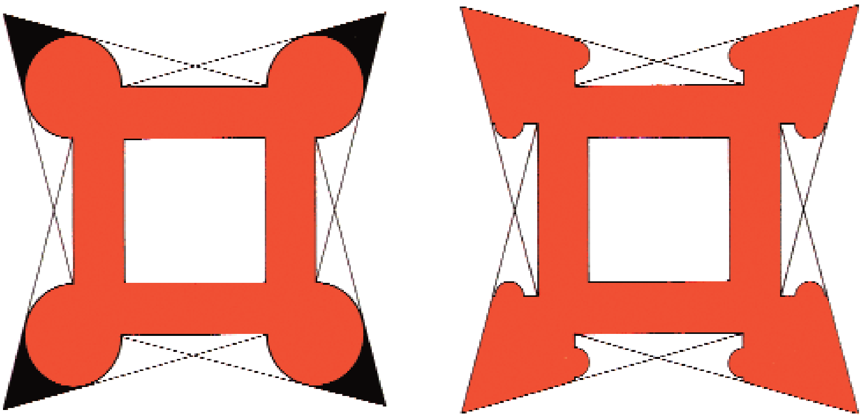
Sotto: *la planimetria del Castello Eurialo, Siracusa.*



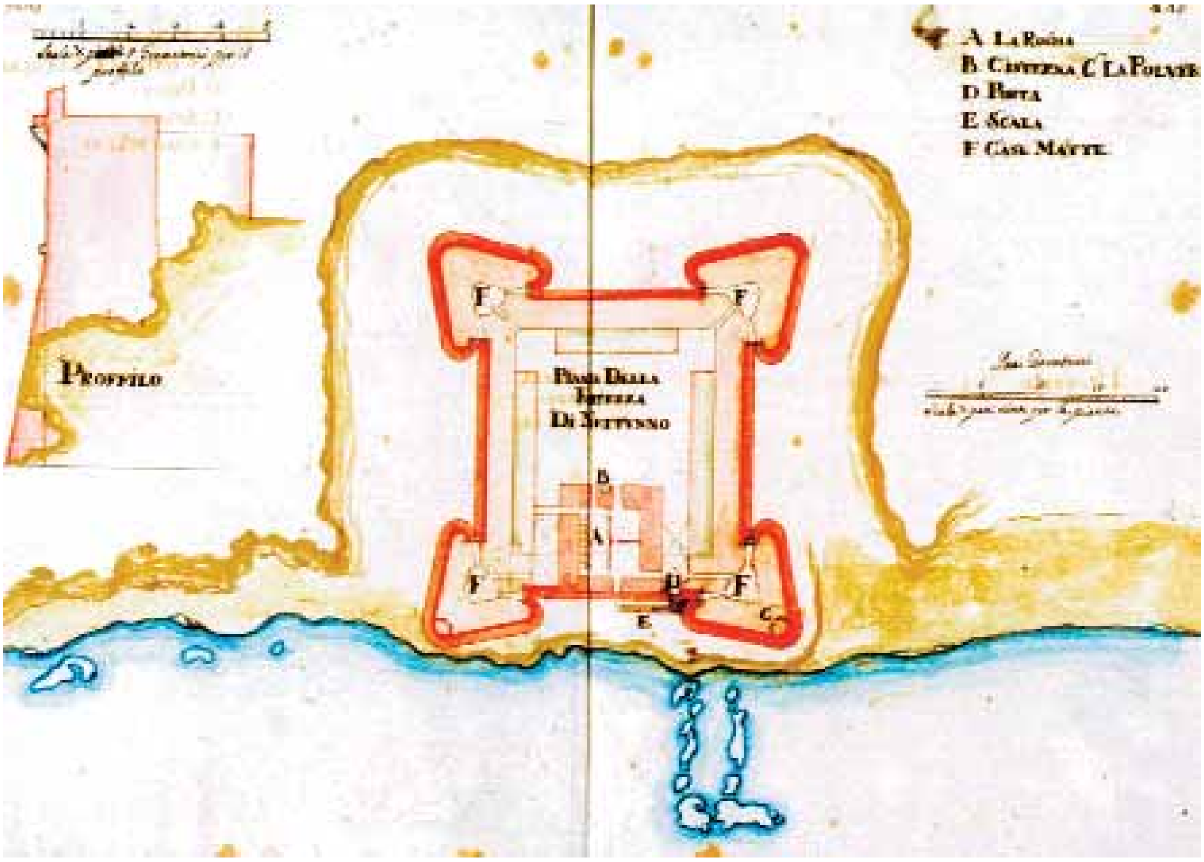
Sopra: *ripresa aerea del Castello Eurialo; ben evidenti nella parte in alto a sinistra la cortina muraria con andamento a cremagliera.* In basso: *grafica raffigurante l'eliminazione dei settori defilati conseguente l'adozione dei bastioni.*

cora nelle mura presso Castello Eurialo di Siracusa, del IV-III secolo a.C..

Sebbene ingegnosa, l'idea, già all'epoca, trovò scarsa adozione garantendo certamente un'efficace interdizione sul piano di campagna, ma non certamente sulle mura, mancando dei punti preminenti, come le sommità delle torri, dai quali si potessero battere i camminamenti di ronda, frustrando eventuali scavalcamenti nemici. Nei secoli successivi, poi, soprattutto in epoca romana, venne meno l'esigenza di fortificazioni sofisticate, dimostrandosi le tradizionali più che valide contro i barbari. La necessità, perciò, si ripropose solo dopo il debutto dei cannoni di Carlo VIII, quando gli schemi planimetrici a salienti e rientranti di Filone, da tempo erano stati recuperati dagli umanisti, senza peraltro che se ne fosse mai persa la memoria.



L'invenzione di un perimetro spezzato, tale da poter essere interamente fiancheggiato, avvalendosi delle armi da fuoco a tiro radente, costituì l'ambizioso sogno di schiere di tecnici. Soluzione, peraltro, di giorno in giorno più urgente poiché la permanenza anche di piccoli settori defilati, col diffondersi delle mine esplosive, si faceva sempre più temibile. Forse casualmente sul terreno, forse dopo esasperanti studi sulle planimetrie, i più accorti tecnici volendo definire meticolosamente gli aborriti angoli morti, finirono per ricavare gli esatti contorni geo-



metrici dei settori defilati. Partendo da un castello quadrato munito di quattro torrioni agli spigoli, infatti, osservarono che, tracciando dall'innesto con la cortina di ciascun torrione la direttrice sfiorante la superficie esterna del torrione contiguo, e così via, si otteneva un quadrato con agli spigoli quattro triangoli con il vertice verso l'esterno, la loro rappresentazione grafica.

Sopra: *planimetria forte di Nettuno progettato dal Sangallo sul finire del '400. B. A. V., Chigi E III 66, 624-625.*
In basso: *ripresa aerea del forte di Nettuno.*

Allo scadere del '400 finalmente si capì, quasi certamente da parte del Sangallo, che proprio quei curiosi triangoli, erano la soluzione del problema. Sarebbe bastato erigere dei baluardi angolari non più secondo una pianta arbitraria, circolare, ottagonale, quadrata, pentagonale ecc., come fatto fino ad allora, ma triangolare e con le precise dimensioni dei grafici, per veder dissolversi qualsiasi angolo morto, qualsiasi settore defilato.

Inoltre si sarebbero dovute adottare sistematicamente le basse cannoniere casamattate che già erano comparse nella Rocca di Ostia, eretta tra il 1483 ed il 1486 dal Cardinale Giuliano della Rovere, futuro Papa Giulio II.

Dalle troniere alle pizzerie

Come ben sanno tutti gli artiglieri, lo sparo di un cannone emette, ed emetteva ancora in maggiore quantità, una densa massa di fumi, di gas più o meno tossici ma sempre asfissianti, prodotti dall'ossidazione della polvere. All'aperto la densa coltre si disperde in alcuni secondi, non così all'interno di un ambiente, anche munito di un vano di apertura sull'esterno. Il problema, irrilevante finché i cannoni vennero schierati sulle piazze d'arma dei forti e delle fortezze, disposizione definita *in barbetta*, divenne condizionante quando si vollero collocare, per gli evidentissimi vantaggi difensivi innanzi ricordati, i pezzi nelle basse cannoniere delle casematte dei bastioni, a circa un metro dal fondo del fossato. Lo sparo, persino di un solo colpo, saturava subito il locale per ampio che fosse, obbligando all'evacuazione per discreti intervalli. La soluzione fu trovata ben presto e consisteva in una sorta di canna fumaria, praticata nel cielo della cannoniera appena dietro alla sua bocca esterna e larga in basso quasi quanto la stessa, fuoriuscente sulle piazze d'armi superiori. Per la notevole differenza di temperatura fra la bassa casamatta e l'alta piazza d'armi, si creava una vivace corrente d'aria, per cui il fumo veniva immediatamente aspirato, senza penetrare nel locale. Così ricordava padre Guglielmotti l'ispezione fatta, dopo molti secoli di abbandono, ad uno di tali tiraggi, all'epoca definiti *sfiati,* della Rocca di Ostia, tra le prime a dotarsene:

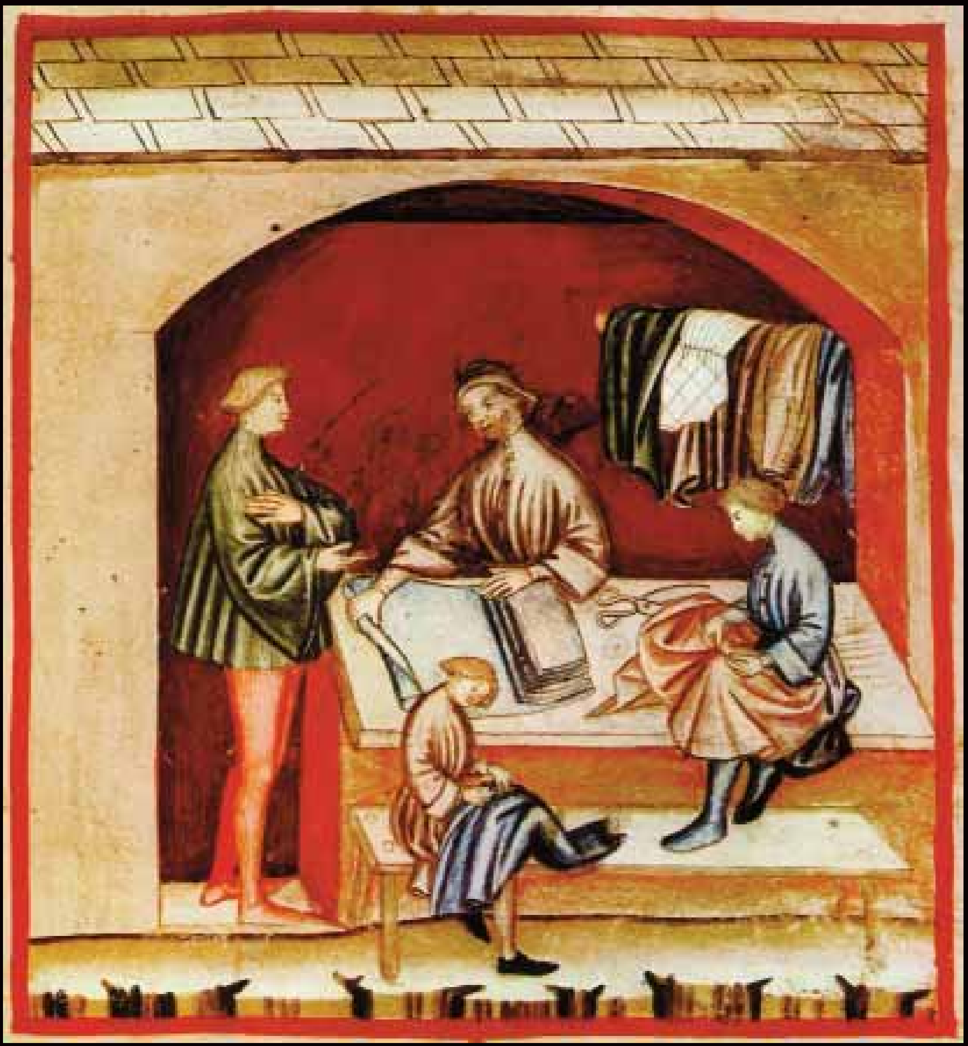
"Io di propria esperienza posso dire che dopo esservi penetrato per la tromba a punto di uno sfiatatojo, quantunque al di fuori alitasse appena una brezza leggiera, sentivo viva addosso la ventilazione; onde vedevo or qua or là spegnersi le candele nelle altrui mani e nelle mie..."[42]

42 Da A. GUGLIELMOTTI, *Storia delle fortificazioni...*, cit., p. 73.

La validità della soluzione, che giova sottolinearlo si discosta completamente dalla canna fumaria del caminetto, avvenendo la captazione dei fumi innanzi alla fiamma e non dietro o sopra, fu presto adottata pure in piccoli impianti domestici, destinati a tutt'altra attività: un forno per il pane, ad esempio somigliava, con la sua cupola e la sua bocca, ad una casamatta in minatura, e dal momento che dalla legna che bruciava al suo interno si sviluppava del fumo, si adottò un medesimo tiraggio, con ottimi risultati. Ancora oggi nei forni della pizzerie, il sistema per evitare rilasci di fastidiosi fumi nel locale, è sempre lo stesso delle cannoniere tardo medievali.

A fianco, in basso: *la rocca di Ostia, evidenti le basse cannoniere.*
Sotto: *Altilia, Campobasso, un forno per il pane in una antica casa colonica. Ben evidente il tiraggio dinanzi alla bocca.*
In basso: *un moderno forno per pizze; il tiraggio è collocato, in alto tra il paramento e la bocca del forno.*

De Arte Sartoriae



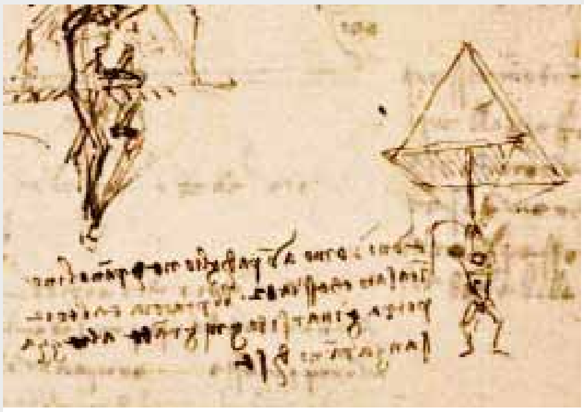
Miniatura medievale raffigurante la bottega de setaiolo. Tacuina sanitatis XIV sec..

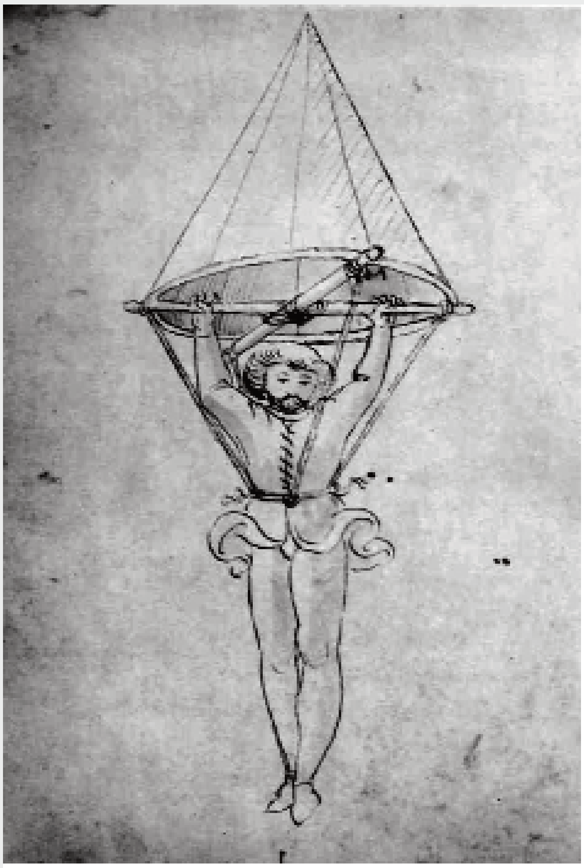
Militaria mirabilia

Il paracadute

Se uno uomo ha un padiglione di pannolino intasato che sia 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d'ogni grande altezza sanza danno di sé.

Leonardo da Vinci,
Codice Atlantico, f, 381 v., 1490

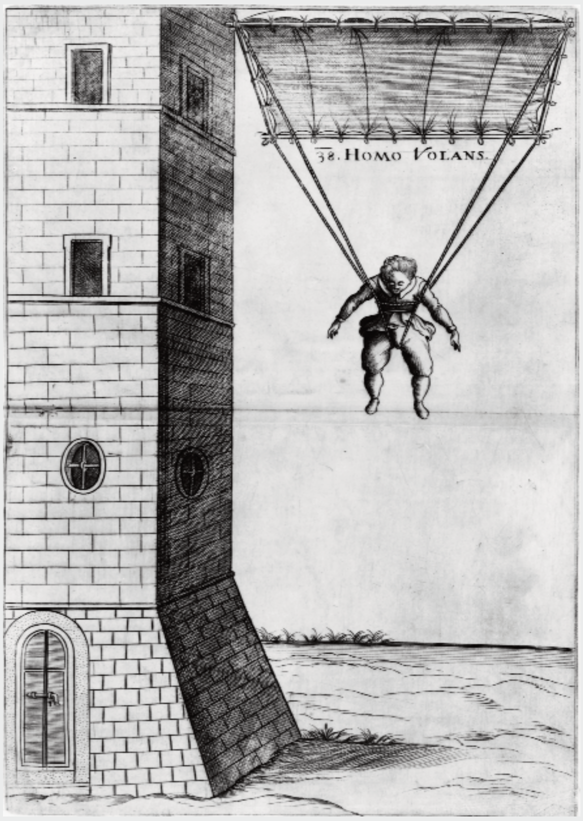




Il paracadute

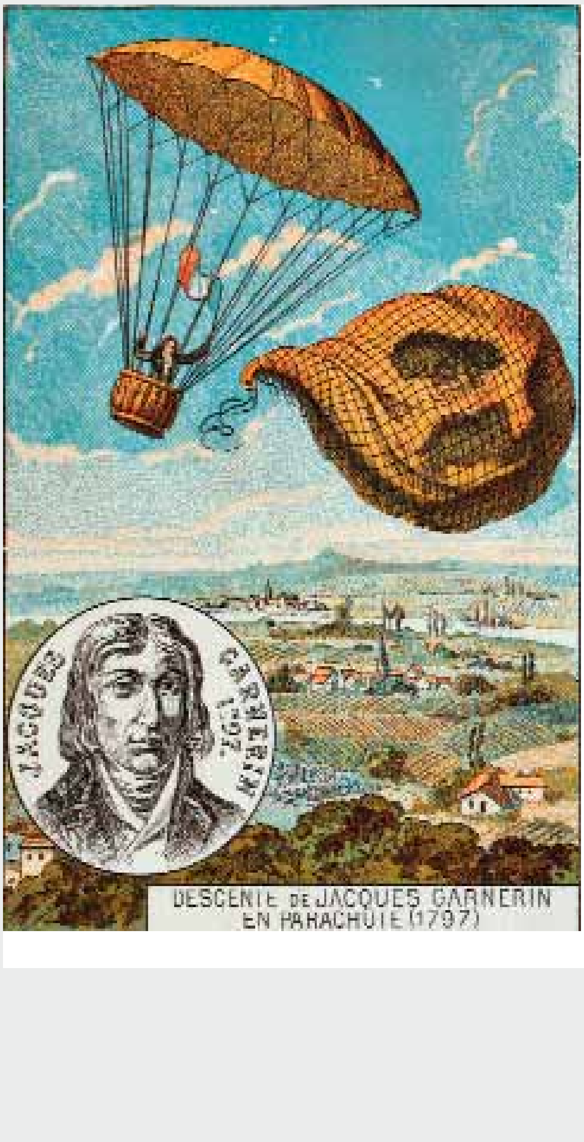
Tra i progetti degli ingegneri del primo Rinascimento si rintraccia pure quello di un embrionale paracadute, ispirato forse dai grossi ombrelli usati dagli acrobati nei circhi. A forma di cono pieghevole si deve supporre ricavato da un tessuto di notevole resistenza, forse del lino, tagliato a strisce triangolari e piegato come un lenzuolo, con un'imbracatura a 4 funi, vincolate ad una croce di legno alla base del cono, per sostenere il paracadutista durante la discesa. Il suo diametro compreso fra m 1.30 ed 1.50 però è decisamente troppo piccolo per garantire l'esito sperato: ignoto l'autore, ma quasi certamente appartenente alla cerchia degli artisti ingegneri. Del resto, proprio l'imbracatura lo conferma un vero progetto, sia pure sproporzionato, e non uno schizzo di studio come quello di Leonardo.
Il sommo artista, infatti, a sua volta, se ne interessò sul finire del '400 disegnandolo forse per comodità di calcolo in forma di piramide quadra, con proporzioni maggiori del precedente ma ancora insufficienti. Negli appunti allegati, tuttavia, ne viene prescritta la dimensione di 12 braccia per lato, circa m 7, ed il tessuto, pannolino intasato, ovvero lino inamidato, quindi privo di porosità, dati dimostratisi validi alla verifica sperimentale.

A fianco, in alto: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, f. 1058v.*
A fianco: *Anonimo, 1470 ca. British Museum Add. MSS 34, 113, fol. 200v.*



Lo studio sul paracadute, tuttavia, non terminò lì poiché quasi un secolo dopo un altro studioso, Fausto Veranzio (1551-1617) ne pubblicò un'altra interpretazione e, correlando la discesa del paracadutista al volo umano, lo definì Homo Volans. Constava di un telaio quadrato di circa 4 m per lato al quale stavano fissate un'ampia vela e, ai vertici, le funi dell'imbracatura.

Difficile appurare la motivazione di quel condiviso interesse, mancando una qualsiasi utilizzazione pratica del paracadute, oltre ai deprecati spettacoli acrobatici! Per trovarne uno, infatti, occorre attendere il 1797, allorquando André-Jacques Garnerin, sgonfiata la sua mongolfiera a 900 m d'altezza, riuscì ad atterrare senza danni grazie ad un enorme paracadute a calotta fissato alla cesta. Un altro secolo ancora e nel 1912 si avrà il primo lancio da un aereo in volo nei pressi di Saint Luis.



In alto a sinistra: *ritratto di Fausto Veranzio nel 1598.*
In alto a destra: *l'Homo Volans, il disegno di Fausto Veranzio tratto dall'opera Machinae Novae.*
A fianco: *prima discesa con paracadute, sul Parc Monceau il 22 ottobre 1797, da una mongolfiera in avaria a quota 900 m.*

Parte Terza:
Produzione di fibbre e filature

Le fibbre per la tessitura

La tessitura è stata una delle principali attività umane sin dalla più remota antichità, essendo la produzione di panni basilare per la stessa vita, prima fra tutte la necessità di coprirsi per ripararsi dal freddo. Per larghissima approssimazione consiste nell'intrecciare dei fili, provenienti a loro volta dal processo di filatura consistente nell'attorcigliare le varie fibre tessili, animali o vegetali, fino a formare un unico filo di notevole lunghezza. I fili del generico tessuto, detto anche tela, si distinguono in fili d'ordito, disposti per lo più verticalmente, e fili di trama disposti orizzontalmente.[1] I primi divisi in due gruppi, pari e dispari, sollevati alternativamente, lasciano un varco, detto *passo,* in cui può passare il filo della trama, in genere avvolto in un rocchetto contenuto nella *spola, spoletta* o *navetta,* al di sopra

1 Cfr. E. CERULLI, V. L. GROTTANELLI, *La tessitura,* in *Ethnologica. L'uomo e la civiltà,* Milano 1965, vol.II, pp. 520-37.

Sotto: *riproduzione di telatio per tessitura di epoca romana.*
A fianco, in alto: *tessitura in un bassorilievo di Andrea Pisano, XIV sec..*
A fianco, in basso: *filatura e tessitura in una miniatura francese del XIV sec..*

dei pari ed al di sotto dei dispari, e quindi al contrario, generando così l'intreccio stabile del tessuto.[2]

Nell'antichità remota, insieme alla filatura anche la tessitura fu un attività squisitamente femminile svolta per lo più in ambito familiare e successivamente di piccolo artigianato, iniziando la sua trasformazione in attività industriale già in epoca romana. Al pari di tutte le altre attività evolutesi sotto l'Impero, anche per la tessitura il suo crollo costituì un vistoso regresso, per cui il ritorno a quei medesimi standard si avrà soltanto a partire dal XII secolo. Senza entrare ulteriormente nello specifico, prima di esaminare il rapporto tra tessitura ed evoluzione tecnologica innescatasi nel Medioevo, è indispensabile fornire una scarna sintesi cronologica e tipologica delle fibre che trovarono impiego nella tessitura.[3]

2 Cfr. T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968, pp. 98-101.
3 Cfr. C. ROSSI, M. CIGOLA, M. CECCARELLI, *Alcune tappe verso l'automazione*, in *Atti I Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, Napoli 8-9 marzo 2006, pp. 464-69.

A fianco, in alto: *bassorilievo rinvenuto a Susa e datato all'VIII sec. a.C., raffigurante una donna intenta a filare del tessuto con l'ausilio di un servo.*
A fianco: *spola e navetta.*
Sotto: *un telaio per tessitura di tipo molto simile a quello medievale, ricostruito presso il Museo della Canapa a Sant'Anatolia di Narco, Perugia.*

Sopra: *riproduzione di un antico arcolaio.*
A fianco: *tela di Marianne Strokes raffigurante Sant'Elisabetta d'Ungheria (1207-1231) che fila all'arcolaio.*
In basso: *la tosatura delle pecore.*

Lana

Tra le prime fibre utilizzate dall'umanità vi fu senza dubbio la lana che, per vari aspetti una volta tessuta, può considerarsi la riproduzione artificiale delle pelli usate per coprirsi. Si tratta, infatti, di una fibra animale, non l'unica e neppure la più pregiata ma, certamente, la più diffusa e la più antica ad essere filata e tessuta. A lungo fu strappata e non tosata e solo dopo l'avvento del primo millennio, con l'invenzione delle apposite forbici o cesoie, avrà inizio la vera tosatura. Presso gli Assiri ed i Babilonesi la lavorazione della lana assunse livelli di notevole entità e qualità, ma in seguito analoghi sviluppi si ebbero, praticamente, lungo l'intero bacino del Mediterraneo. Quale sia stata l'importanza della preziosa fibra lo lascia intuire un unico dato: "*nel '700 la lana costituiva il 78% della produzione complessiva delle fibre tessili mentre attualmente*

(1965) il consumo della lana è pari all'11%, cioè quasi la metà del consumo percentuale mondiale delle fibre chimiche artificiali e sintetiche (23%)."[4]

Dal punto di vista commerciale, la lana è reputata tanto più pregiata quanto più la sua fibra è sottile e lunga, peculiarità strettamente correlata alla razza di provenienza della pecora. Dal punto di vista fisico, una delle prerogative della lana è la sua rilevante igroscopicità, potendo assorbire facilmente vapore acqueo per quasi un terzo del suo peso, senza produrre la fastidiosa sensazione di bagnato. Altra rilevante peculiarità si coglie nel suo forte potere di coibentazione, tant'è che per portare un tessuto di lana dalla temperatura di circa 20° a quella di 0° occorrono circa 4 ore, intervallo ideale per un graduale adattamento.[5] Dal punto di vista meccanico, la lana si dimostra estremamente elastica, per cui i suoi tessuti non si stazzonano rapidamente ed aderiscono bene al corpo isolandolo termicamente, sia dal caldo che dal freddo.

Pur essendo ricavata dal vello delle pecore, non lo è nella medesima quantità da tutte le razze: una pecora comune, ad esempio, tosata una volta l'anno agli inizi della primavera, produce un paio di kg di lana, contro gli oltre 10 di una *merinos*, quantità che trasformata in filato è sufficiente alla realizzazione di almeno 30-40 maglioni di ottima qualità. Facili le deduzioni economiche.

Lino

Tra le molte specie di piante di lino, una sola, la *Linum Usitatissimum,* è coltivata per ottenerne la fibra tessile. I corti filamenti, distribuiti nella zona lungo lo stelo, vengono raccolti, macerati e poi filati

4 Da *ENCICLOPEDIA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA,* Milano 1965, vol. VI alla voce *lana*.
5 Cfr. *DIZIONARIO ENCICLOPEDICO ITALIANO,* Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1957, vol. VI, alla voce *lana*.

In alto: *tosatura di una pecora merinos.*
Al centro: *le forbici per la tosatura delle pecore.*
A fianco: *miniatura del XIV sec. raffigurante un lanaiolo all'opera nella sua bottega.*

con un sistema simile alla lana. È forse la fibra vegetale che risulta utilizzata per prima nella tessitura e, soprattutto la prima, appositamente coltivata in Palestina.[6] Questa fibra è ricavata dal fusto di una pianta alta da 80 a 120 cm, poco ramificata e con piccoli fiori, di un colore variabile dal bianco all'azzurro intenso, che fioriscono solo per un giorno. La pianta del lino veniva estirpata dal terreno in modo di avere la massima lunghezza della fibra, e i fusti erano fatti seccare al sole sul tetto delle case, quindi, dopo la macerazione si poneva nei forni per l'essiccazione, terminata la quale si batteva e pettinava. Più in dettaglio, dopo la macerazione si separavano le fibre tessili dai resti legnosi della pianta e con la pettinatura si eliminavano le residue impurità. Dal punto di vista storico risulta ampiamente coltivato dagli Egiziani, dai Babilonesi e dai Fenici, che lo introdussero dappertutto. Nonostante ciò, bisogna attendere l'inizio del XIV secolo per vedere una vera diffusione occidentale del lino al punto di non risentire la concorrenza del cotone introdotto dagli Arabi. Il lino attualmente è coltivato in numerosi paesi europei, quali Francia, Belgio ed Olanda che si reputano i migliori produttori delle qualità più pregiate.[7] Si coltiva, però, pure in Europa Orientale, Russia,

6 Cfr. *ENCICLOPEDIA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA...*, cit., vol. VI alla voce *lino*.

7 Cfr. *DIZIONARIO ENCICLOPEDICO ITALIANO...*, cit., vol. VI, alla voce *lino*.

In alto a sinistra: *la pianta del lino in un antico erbario.*
A destra, dall'alto: *un campo di lino; Piante di lino dopo l'estirpazione con il fusto intero; fusto di lino seccato ed alcuni suoi derivati.*

dai semi in maniera meccanica e veloce.[8] Dall'inizio del Novecento, poi, il cotone è in ambito mondiale la fibra di gran lunga più utilizzata: esattamente come per la lana il suo pregio è funzione della lunghezza delle fibre e della loro sottigliezza, tant'è che solo una sparuta frazione, inferiore al 10% dell'intera produzione mondiale, attinge le caratteristiche ottimali. Tra le sue peculiarità la forte igroscopicità, in alcuni casi pari al doppio del suo peso, per cui il sudore è facilmente assorbito e smaltito generando una situazione di benessere in chi l'indossa in estate. Regge bene l'usura e non emette peluria, ma disgraziatamente è di pronta infiammabilità, e di scarsa elasticità, per cui si sgualcisce facilmente.

8 Cfr. *ENCICLOPEDIA DELLA SCIENZA...*, cit., vol. III alla voce *cotone*.

A fianco: *Vecchia foto di donna che fila il lino.*
Sotto: *Un campo di cotone; la raccolta del cotone in Louisiana alla fine del XIX sec.; cumoli di fiocchi cotone per commercializzazione.*

Brasile, Cina e Paesi Baltici, con qualità decisamente inferiori.

Dal punto di vista merceologico il lino risulta composto per il 70% di cellulosa, ed in quanto tale risulta anallergico, abbastanza igroscopico e permeabile alla traspirazione, per cui è ideale per confezionare abbigliamenti estivi, tovagliati, lenzuola, asciugamani e quant'altro a stretto contatto con la pelle. Altra peculiarità che lo rende ottimo per la biancheria d'uso quotidiano è il sopportare egregiamente numerosi lavaggi, divenendo sempre più morbido, senza contare che non avendo le sue fibre peluria superficiali non ne rilasciano dimostrandosi ottime per strofinacci. Paradossalmente, proprio per avere buona resistenza all'usura, si sgualcisce facilmente, difetto che ne spiega la scarsa diffusione nel più sofisticato abbigliamento.

Il cotone

Le prime tracce della coltivazione del cotone risalgono a circa tre millenni or sono, in Mesopotamia e, forse intorno all'VIII sec. a.C., se ne tentò l'acclimatazione su vasta scala in Assiria, con specie provenienti dalla valle dell'Indo, esperimento interrotto dalla caduta di Ninive. Pur essendo ampiamente utilizzato come fibra tessile, il suo impiego nel settore dell'abbigliamento è recentissimo risalendo alla metà del Settecento, dopo l'invenzione di una macchina sgranatrice capace di dividere le fibre

La seta

La seta è una fibra proteica tratta dalla secrezione della larva del Bombice del Gelso, lepidottero della famiglia dei bombici, il *Bombyx Mori*, originario dell'Estremo oriente dove, però, allo stato selvatico è ormai estinto. L'insetto è stato, e continua ad essere, la fonte naturale principale per la produzione della seta: la sua larva, lunga circa 8 cm, si nutre di foglie di gelso e, in base al clima, subisce varie mute nel corso della sua breve esistenza, aumentando di taglia in modo cospicuo. Al pari dei ragni dispone di due organi, sfocianti in corrispondenza della bocca, secernenti un fluido trasparente, che a contatto con l'aria in breve solidifica, trasformandosi in una sorta di filo estremamente sottile, detto *bavella*. I fili si saldano a coppie formandone uno unico col quale la larva, avvolgendolo, formerà il bozzolo, meccanicamente robusto e termicamente isolato, nel cui interno si trasformerà in farfalla, uscendone dopo averlo perforato. La riproduzione avviene nel giro di alcuni giorni, completandosi in breve volgere con la deposizione di circa 500 uova. La coltura del baco da seta può estrinsecarsi anche a livello familiare oltre che, ovviamente, industriale, in ambienti domestici mantenuti a una temperatura compresa fra i 22° ed i 30° C e con umidità costante.[9]

La preparazione del bozzolo richiede la riproduzione di un habitat naturale con rami di erica e di ginestre dove il baco può filare il suo bozzolo, operazione che si protrae anche per una quindicina di giorni. Prima che l'insetto ne fori l'avvolgimento i bozzoli vengono riscaldati tra gli 80° ed i 90°, uccidendo la crisalide in modo da recuperarne integro il filo. Puliti, si srotolano formando da più bavelle un unico filo utilizzabile per la tessitura: allo stato naturale la seta presenta una colorazione che va dal giallo al marrone splendente, divenendo bianca una volta raffinata. La lucentezza che costituisce la sua peculiarità più apprezzata risulta tanto maggiore quanto più è pulita la superficie del filato e quanto più è rotonda la sua sezione. La lunghezza delle bavelle dipanabili senza rompersi si aggira sui 700 – 800 metri, arrivando a 1200 metri nei bozzoli più grossi e resistenti. Il diametro di ciascuna bavella varia da 13 a 16 micron.

Dal punto di vista storico l'allevamento del baco da seta e la tessitura del suo filo furono introdotti dagli Arabi in Sicilia, e per gli scambi commerciali in Calabria e quindi nell'Amalfitano intorno all'XI secolo. Pertanto nel regno di Napoli: "*si estese di assai la coltivazione de' gelsi, e gli operai regnicoli divennero eccellenti non solo a trar la seta, che a*

9 Cfr. *ENCICLOPEDIA DELLA SCIENZA...*, cit., vol. IX alla voce *seta*.

In alto: *il Bombyx Mori allo stadio di larva.*
A fianco: *il bozzolo avvolto dalla larva di Bombyx Mori prima della sua muta in crisalide.*

che si sono succeduti nel Regno hanno affrontato i problemi connessi ai processi verso la industrializzazione."[11]

La seta ha caratteristiche vistosamente diverse rispetto alle tante altre fibre naturali. È, innanzitutto, impermeabile all'umidità al punto da coprirsi di macchie laddove viene a contatto col sudore; non sopporta neppure una lunga esposizione ai raggi solari che la privano di lucentezza alterandone i colori; né resiste agli sfregamenti ed all'usura per attrito, coprendosi di una leggera peluria che ne riduce la lucentezza. Oggi, per valorizzare le sue qualità naturali, la seta viene sottoposta a diversi trattamenti, quali la tintura, l'apprettatura e l'antipiega.

lavorarla e perfezionarla soprattutto per farne ricamo; sicché sotto il governo normanno furono questi lavoratori sommamente ricercati, e formarono una branca principale di commercio."[10] Non a caso l'Arte della Seta: "*in Calabria è durata quasi otto secoli, e la sua storia risulta particolarmente interessante, poiché testimonia come nessun altra, le varie e differenti ottiche con cui i numerosi governi*

10 Da L. BIANCHINI, *Storia delle finanze del Regno di Napoli*, Napoli 1859, p. 60.

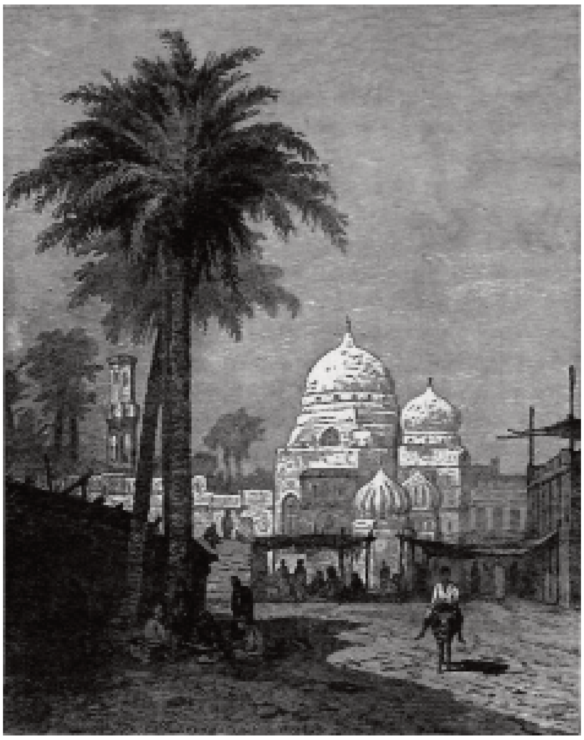
In alto: *bozzoli di Bombyx Mori ed alcune crisalidi.*
Sopra: *miniatura del XIV sec. raffigurante un setaiolo all'opera nella sua bottega.*

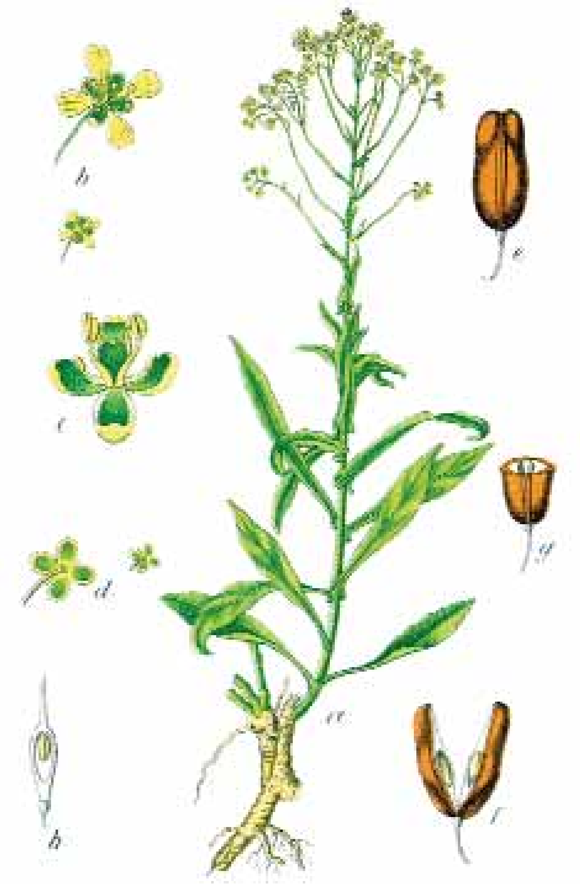
Fustagno, denim e blu di Genova

Le fibre naturali innanzi tratteggiate, insieme a numerose altre, erano prodotte come accennato per preparare dei tessuti, che quando composti da un'unica tipologia di fibra ne assumevano il nome, così per la lana, il lino, il cotone, la seta, ecc. Non mancavano, però, tessuti realizzati con l'impiego di più varietà di fibre e che pertanto mostravano peculiarità del tutto originali e prive di confronti. Tra queste combinazioni, una delle più richieste nel Medioevo, e di discreto valore commerciale, era un misto di cotone e lino, detto fustagno, denominazione che trae origine da *El Fustat*, un sobborgo del Cairo rinomato per la sua fabbricazione.

Il fustagno in origine era realizzato con un ordito in lino e la trama in cotone, mentre attualmente è interamente in cotone o in lana. Robusto ed al contempo morbido dava al tatto una percezione vellutata, pur fornendo una rilevante resistenza alle sollecitazioni, il che lo rese idoneo alla confezione di abiti maschili da fatica e da guerra, come pure di biancheria e lenzuola. Nel XIII secolo prese a diffondersi dai centri di produzione italiana, in particolare Milano, in tutta l'Europa, mentre a Chieri, in

11 Da G. MATACENA, *Architettura del lavoro in Calabria tra i secoli XV e XIX*, Ercolano 1983, p. 58.





provincia di Torino, se ne iniziò a produrre una varietà di colore blu, ottenuta con la tintura a base di guado (*isatis tinctoria*), esportandolo dal porto di Genova in Olanda, Inghilterra, e in America. Con la diminuzione del costo del cotone, decadde da tessuto pregiato a tessuto popolare avendo, così, una nuova curiosa e straordinaria diffusione, che condivide con il *denim*, tessuto ad esso talmente simile da essere ritenuto una sua derivazione. La differenza tra loro è data dal colore dell'ordito: nel fustagno trama e ordito sono del medesimo colore, nel *denim* la trama è bianca o écru e l'ordito blu.

Il *denim*, che trae il suo nome dalla città di Nîmes in Francia, è il tessuto dei jeans, con il suo inconfondibile colore blu: blu di Genova[12] che divenne nella storpiatura della pronuncia britannica *blue jeans*, termine che definisce una notissima tipologia di robusti pantaloni a cinque tasche. I documenti certificano che fra Chieri e Nîmes[13] la concorrenza per la produzione di un tipo di fustagno molto robu-

12 Più che Genova come città, Genova come porto, da cui i commercianti di Nimes spedivano le loro merci nel Nord America.
13 Antica città romana, chiamata *Colonia Nemausus*, dal nome del dio celtico *Nemausus*, fondata dai legionari reduci dalle campagne egiziane di Giulio Cesare.

In alto a sinistra: *stampa ottocentesca raffigurante El Fustat o Fostat un sobborgo del Cairo.*
A destra, dall'alto: *raffigurazione della pianta di guado in un antico erbario; la pianta di guado; il tessuto denim.*

sto di colore blu rimonta al XV secolo, allora tinto con il guado (*isathis tinctoria*). Di certo una robusta tela blu di Chieri si esportava dal porto di Genova, ed era usata per confezionare i sacchi per le vele delle navi e per ricoprire le merci accatastate nel porto. Sebbene sussista anche una seconda ipotesi che vuole che la definizione inglese scaturisca dall'utilizzo dei marinai genovesi di pantaloni fatti con quella tela blu, è indubbio che la trasformazione da pezzi di tela a indumento avvenne proprio nella città di Genova. Il termine inglese *jeans* compare sin dal 1567, e proprio dalla metà del XVI secolo dal porto genovese iniziò l'esportazione in grandi quantità di tale tessuto, che in breve si impose in tutto il mondo. E se mai, come ai nostri giorni, si dovesse trovare un *testimonial* per quel tessuto e, soprattutto, per quei pantaloni *blue jeans*, non a caso sarebbe l'eroe dei due mondi Giuseppe Garibaldi che da buon marinaio genovese[14], li indossò facendoli divenire parte integrante dell'uniforme garibaldina.

L'Arte della Lana a Firenze

Quale fosse la rilevanza economica raggiunta dal settore tessile nel Medioevo lo dimostrano a sufficienza le due celebri corporazioni dell'Arte della Lana e dell'Arte della Seta di Firenze. A testimoniarne la rilevanza e la munificenza raggiunta nel Medioevo le rispettive sedi, tuttora esistenti, ed alcune loro istituzioni di straordinaria consequenzialità, come l'*Ospedale degli Innocenti*[15], sulla cui facciata campeggia quasi a ricordarne l'iniziativa lo stemma dell'Arte della Seta.[16]

Nella parte inerente alla fortificazione, sono state ricordate le 18.000 balle di lana fornite a Michelangelo dall'Arte della Lana per proteggere il campanile di San Miniato al Monte.[17] Entità enorme che, stimando pari a circa 150 kg la balla, corrisponde a ben 2.700 t ovvero, rapportandola ai 10 kg in media

14 Cfr. F. S. GRAZIOLI, *Il generale Giuseppe Garibaldi*, rist. Roma 2007.

15 Il progetto dello Spedale degli Innocenti fu di Filippo Brunelleschi ed i lavori vennero avviati il 19 agosto 1419.

16 Cfr. Y. RENOUARD, *Le città italiane dal X al XIV secolo*, Milano 1976, pp. 97-119.

17 Il campanile nel 1530 era di recente costruzione, essendo la replica di quello crollato nel 1499 e riedificato da Baccio d'Agnolo tra il 1523 ed il 1527.

A fianco: *Giuseppe Garibaldi indossa dei pantaloni in jeans in una stampa della metà dell'800.*
Sotto: *Firenze, campanile di San Miniato.*

forniti da una pecora *merinos*, ad un immenso gregge di circa 270.000 animali! Non a caso la corporazione dell'Arte della Lana fu una delle più potenti della città, quella alla quale faceva capo il maggior numero di lavoratori, pari quasi ad un terzo della popolazione fiorentina tra il XIV ed il XVI secolo. Di ciò se ne ha riscontro nelle parole del Machiavelli che affermava essere: "*quella di tutte le Arti che aveva ed ha più sottoposti, la quale per essere potentissima è la prima per autorità di tutte.*"[18] Storicamente il primo statuto di cui abbiamo contezza rimonta al 1317, quando il Consiglio dell'Arte della Lana contava 48 membri ed era presieduto dai consoli, estratti a sorte ogni quattro mesi, coadiuvati da un giudice, da un cancelliere, da un *camarlingo* e da alcuni esattori delle tasse. Tassativamente vietato esercitare mestieri attinenti all'arte al di fuori dello stato fiorentino, come pure di infrangere le regole stabilite per ogni fase della lavorazione.

La corporazione ad un certo momento della sua storia superò per ricchezza anche quella di Calimala, primeggiando fino agli inizi del Quattrocento allorquando, complice una crisi commerciale ed una mutazione della moda, fu avvicendata dall'Arte della Seta. Va osservato che il settore tessile laniero implicava figure professionali sia mercantili che industriali, dovendosi acquistare e vendere la materia grezza e realizzare il prodotto finito. La lana grezza veniva prima selezionata, poi lavata, cardata e quindi filata, incombenza a cui abitualmente provvedevano le donne mediante la rocca e il fuso. Tirando le fibre dai fiocchi di lana infissi sulla rocca, le torcevano e, ridottele ad un unico filo, le avvolgevano sul fuso.

Le tecniche di filatura sul finire del '200 ebbero una brusca evoluzione con la diffusione del filatoio a puleggia, un congegno formato da una ruota fatta girare con la mano, o con il piede, collocata su di una base alla cui estremità era attaccato il fuso, col cui si formava e si avvolgeva il filato; solo nel tardo '400 venne inventato il filatoio ad alette che rendeva possibile una filatura continua, torcendo ed avvolgendo il filato senza più interruzioni. Ottenuto il filo lo si tesseva, ricavandone le *pezze* che, una volta pronte, erano sottoposte ad un'accurata ispezione per eliminare eventuali difetti; quindi venivano lavate e passate nelle gualchiere per essere infeltrite. Sottoposte a tiratura e fatte asciugare in grandi verande in grado di trattarne diverse centinaia contemporaneamente, erano infine tinte in appositi opifici, con coloranti vegetali o animali.

L'Arte della Seta a Firenze

Al pari dell'Arte della Lana anche quella della Seta rientrava tra le sette Arti Maggiori delle corporazioni d'arti e mestieri di Firenze. Dal punto di vista storico originariamente, agli inizi del '200, fu costituita dai ritagliatori dei panni, e solo dal 1248 dai setaioli, che si fecero erigere una propria dimora nel 1377, un palazzo ancora esistente. Questa non indifferente potenzialità economica testimonia il volume

18 Cfr. N. MACCHIAVELLI, *Istorie fiorentine*, Firenze 1532.

In alto: *lo stemma dell'Arte della Lana in un bassorilievo posto su di una facciata del palazzo dell'arte stessa.*
A destra, al centro: *Firenze, il Palazzo dell'Arte della Lana.*

che il commercio della seta si era nel corso di quei 120 anni guadagnato, grazie anche ad un notevole innalzarsi del tenore di vita nella città, una preminenza che continuò a crescere e che, ai primi del '400, si guadagnò la qualifica di Arte della Seta, la prima di Firenze. In realtà, l'incremento dell'attività di commercio e di produzione aveva preso l'avvio già nel 1314, anno della conquista di Lucca, città preminente nel settore. Conquistata e saccheggiata da Uguccione della Faggiola, signore di Pisa, vide molti dei suoi setaioli trasferirsi a Firenze, riavviando nella nuova sede la vecchia attività, con ulteriori e più preziosi prodotti che trovarono vastissima domanda. I primi documenti, infatti, che menzionano la coltivazione del gelso nella Lucchesia, oggi custoditi presso l'Archivio di Stato di Lucca, risalgono al 1223.

Per disporre del grezzo in abbondanza s'impiantarono delle colture di bachi da seta e con l'esperienza continuamente affinata si realizzarono le stoffe damascate e i broccati intessuti con fili d'oro e d'argento, subito esportati in ogni angolo d'Europa. Alle spalle di quelle merci di altissimo pregio, e costo, la garanzia della corporazione costituiva una antesignana denominazione di origine controllata, attestazione che spiega il meticoloso statuto da rispettare. Come già per gli appartenenti all'Arte della Lana, infatti, anche quelli della Seta erano tenuti a una rigida osservanza delle sue varie norme commerciali ed etiche, che vietavano tra l'altro il lavoro notturno, per timore di eventuali incendi appiccati dalle lucerne ad olio, e la vendita ambulante dei tessuti, certamente per non deprezzare il prodotto e per garantire un effettivo controllo sui commercianti. Anche ad essi, inoltre, era fatto tassativo divieto di andare ad esercitare l'attività all'esterno della città, fatta salva precisa deroga rilasciata dall'Arte stessa. La motivazione va ricercata nei segreti professionali che così facendo erano difesi dalla comune vigilanza, evitandone la diffusione foriera di deleterie concorrenze. A ben guardare si trattava di una sorta di monopolio corporativo, e a volte pure infra-corporativo, dove le singole specializzazioni custodivano gelosamente i propri segreti tramandandoli di generazione in generazione. Una leggera modifica della prassi si coglie, però, col *Trattato dell'Arte della Seta*, un manoscritto redatto sempre nel '400 dai suoi dirigenti nel quale vengono illustrate le varie fasi ed i diversi passaggi della lavorazione, in modo da rendere gli apprendisti, già al momento del primo ingaggio, abbastanza competenti in materia. L'iniziativa conferma da una parte l'assoluta padronanza del mercato e dall'altro, invece, il diffondersi anche in altre località della medesima lavorazione, per cui molti segreti non avevano più senso, a differenza della concorrenza economica, agevolata invece da lavoranti più esperti.

A capo della corporazione erano sei consoli ed un *camarlingo*, con funzioni di tesoriere, e due notai: all'iniziale elezione si preferì, dopo poco, l'estrazione a sorte dei consoli, in carica per soli quattro

In alto a sinistra: *Firenze, il palazzo dell'Arte della Seta.*
Sotto: *Firenze, lo stemma dell'Arte della Seta sulla facciata della chiesa di Orsanmichele.*

La via della seta

Plinio, trattando della seta nella sua *Storia Naturale*, fa dei precisi riferimenti alla lontananza delle terre di produzione, ricordando che: "*i Seri* [Cinesi]*, celebri per la lana delle loro foreste, che ricavano togliendo con un pettine la bianca lanugine delle foglie dopo averla bagnata con dell'acqua. Da ciò deriva per le nostre donne il doppio lavoro di dividere i fili e di tesserli di nuovo: è attraverso un'operazione di questa complessità e un viaggio in terre così lontane che si ottiene che una nostra matrona possa presentarsi in pubblico con vesti trasparenti...*"[19]

Al di là delle critiche circa la moralità di quelle vesti, è certo che vie di comunicazione fra i due imperi, circa 8.000 km, quasi due pianeti distinti, non solo esistevano ma erano anche percorse con una certa regolarità per consentire quei commerci. Quegli itinerari, nel Medioevo si guadagnarono una rilevante notorietà dopo il ritorno di Marco Polo, reduce da un lunghissimo soggiorno e un interminabile tragitto: innumerevoli i rischi ma cospicui i guadagni, tali da divenire il principale incentivo alla navigazione atlantica di Colombo.

Il nome di *Via della Seta*, invece, è molto più recente essendo stato coniato nel 1907 da un celebre

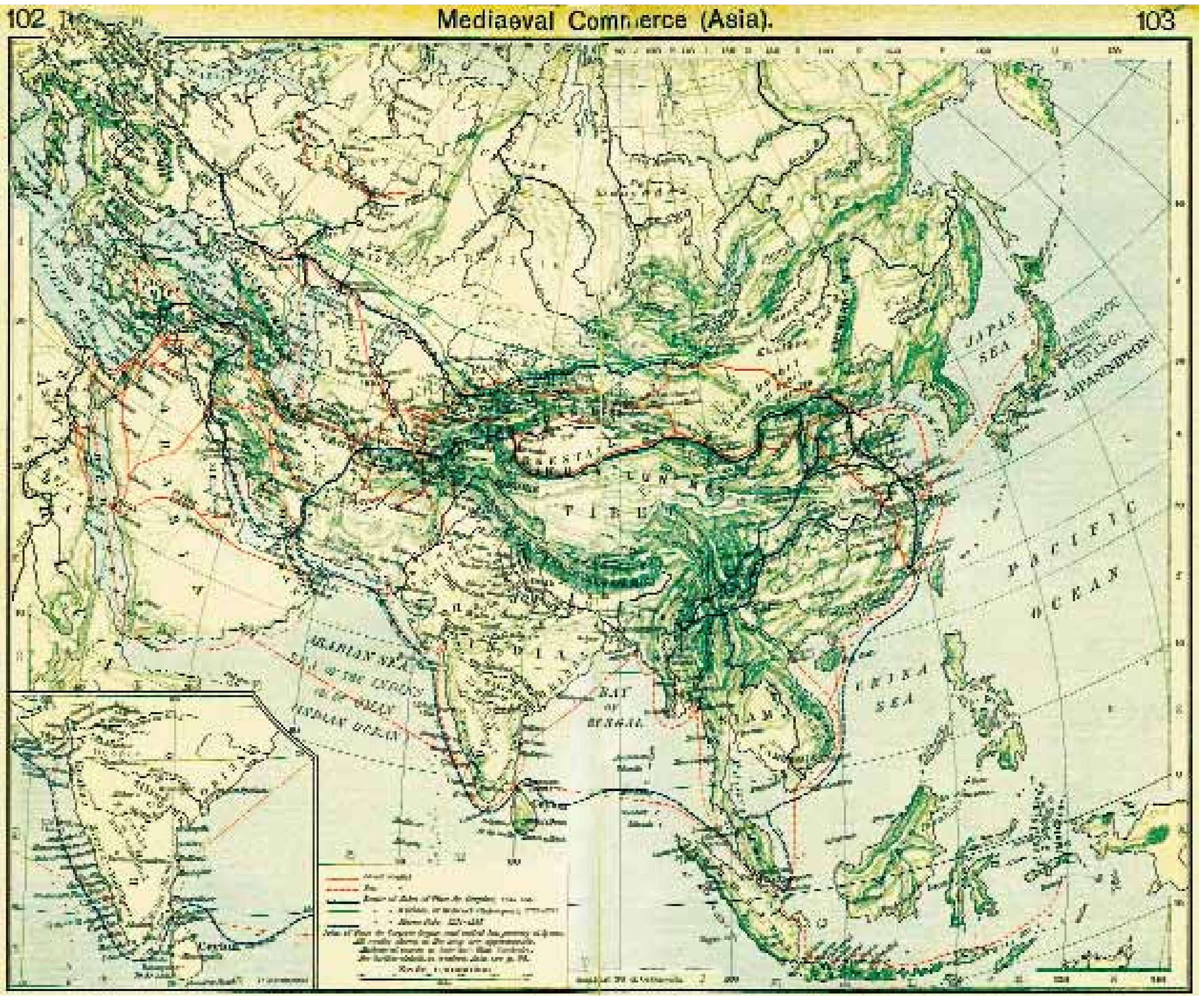
19 G. PLINIO SECONDO, *Storia Naturale*, VI, 20, vol.I, pp. 682-83.

In alto a sinistra: *Firenze, Veduta del loggiato interno dello Spedale degli Innocenti.*
Sotto: *raffigurazione medievale della carovana di Marco Polo.*

mesi: prestazione obbligatoria e gratuita, remunerata a fine mandato con un semplice omaggio in natura. Evento emblematico e significativo, la corporazione si dotò di una propria milizia, una compagnia debitamente armata e retta da un Gonfaloniere e un Capitano, con funzioni di polizia interna. Istituzione che conferma l'esistenza nella città di fazioni e di opposizioni violente, tipiche della società medioevale in ogni sua manifestazione sociale.

A fronte, però, si coglie anche l'altro aspetto di quel contesto, ben presente nell'Arte della Seta: la sua solidarietà verso le classi più povere ed umili, i malati e le partorienti, manifestata, come accennato, con l'Ospedale degli Innocenti, eretto da Filippo Brunelleschi ed inaugurato nel 1444. Sensibilità sociale che si ritrova anche nella collocazione, alla base dell'edificio, della *ruota per gli esposti*, destinata all'accoglienza anonima dei bambini abbandonati, primo esempio di orfanotrofio e di asilo per ragazze madri.

Il mesto declino per l'Arte della Seta si avviò nel '700 e la soppressione sopraggiunse nel 1770, per ordine del granduca Pietro Leopoldo di Lorena.



geografo germanico, il barone von Richthofen, nell'introduzione al suo trattato sulla Cina *Tagebücher aus China*, pubblicato a Berlino nel 1907. Su quell'itinerario transitarono, oltre alla seta, le spezie, i profumi, i metalli preziosi, le porcellane, i medicinali e, non ultime, idee ed invenzioni, nonché ambasciatori e missionari. La seta, se mai, fu il pretesto iniziale, grazie alla sua misteriosa origine e splendida fattura, peculiarità che ne fecero sin dall'antichità uno dei simboli di ricchezza.

Circa le origini della sua lavorazione, è assodato che avvenne in Cina, dove forse sin dalla preistoria fu trovato dapprima il modo di sfruttare la pre-

Sopra: *mappa illustrante le principali via commerciali per l'Asia del Medioevo. Da Historical Atlas by William R. Shepherd, 1926.*
Sotto: *una suggestiva immagine di un impervio passaggio in Pakistan della Via della Seta.*

loro, che nel loro insieme costituirono un itinerario, per millenni l'unico legame tra l'Oriente e l'Occidente.

In dettaglio, l'itinerario si originava da Singan Fu, l'antica capitale della Cina e più tardi da Pechino. Rasentando la Grande Muraglia varcava la Porta di Giada, che collegava le alte vallate cinesi con gli altopiani centro-asiatici, quindi superata Suchow, aggirava il deserto del Turkestan avvalendosi di vari percorsi, dei quali la strada di Kunlun, a sud, si considerava il più importante; mentre a nord, invece, lo era la strada di Tien Shan. I due percorsi si congiungevano a Samarcanda. Da qui, attraverso l'altopiano iranico e l'Asia Minore, l'itinerario raggiungeva la grande Costantinopoli e le coste del Mediterraneo. Non a caso fu proprio Costantinopoli uno dei massimi centri di smercio della seta, piena di

ziosa secrezione del baco, e subito dopo la maniera per allevarlo. L'evento è collocato nel III millennio a.C., e da quel momento sulla produzione della seta calò il segreto più rigoroso, essendo presto divenuta una rilevante fonte d'introiti. L'esportazione propriamente detta, però, iniziò più tardi e si snodò lungo quella che sarà la via della seta. Non fu, al contrario di quanto possa sembrare, una via propriamente detta sia pure approssimata, ma un ampio ventaglio di carovaniere più o meno divergenti fra

In alto: *un tratto della Muraglia Cinese.*
Sotto: *Samarkanda, piazza Registan.*

stabilimenti per la sua tessitura con annessi i primi allevamenti occidentali di bachi. Secondo la tradizione a renderli possibili furono alcune uova, trafugate da dei monaci e trasportate di nascosto per incarico di Giustiniano intorno al 550.

Tramite gli Arabi la produzione della seta si diffuse in Spagna e in Sicilia, a Palermo, da dove passò in Calabria, a Catanzaro, quindi dal 1100 si stabilì pure nella penisola amalfitana, poi in Toscana, a Lucca, ed infine a Como trovando le condizioni ideali per un rapido e prospero sviluppo. Ai giorni dell'Unità nazionale l'Italia era il terzo produttore al mondo di seta, con poli d'eccellenza a Como ed a San Leucio nel casertano.[20]

La via della lana: la transumanza, prima industria del Mezzogiorno

Forse furono gli stessi animali allo stato brado a tracciare con i loro spostamenti periodici approssimate piste, suggerendo così il criterio informatore della transumanza ma non certo la sua articolata pianificazione, che potrebbe definirsi antiecologica. I capi allevati sui pascoli montani, infatti, erano ampiamente eccedenti le potenzialità alimentari degli stessi nella cattiva stagione, e nella buona lo erano pure di quelle dei pascoli costieri! Due ecosistemi, quindi, singolarmente presi lontanissimi dall'equilibrio, ma che messi in relazione, tramite uno spostamento periodico degli animali, ne originavano un terzo nella sua interezza del tutto equilibrato, sebbene del tutto innaturale, occorrendo l'uomo per mantenerlo in funzione. Numerosi gli esempi in varie regioni europee, di cui ancora permangono tracce, ma nessuno di essi equiparò per imponenza, complessità e longevità quello organizzato, dopo alcuni tentativi prodromici, nel regno di Napoli alla metà del XV secolo, il cui mesto declino si avviò solo quattro secoli dopo, per esaurirsi negli anni '70 del secolo scorso.

Dalla fine del Medioevo, la transumanza divenne l'industria, a ciclo completo ed a forte partecipazione statale, più importante, remunerativa e articolata del regno di Napoli. Un comparto produttivo, tanto diversificato, da andare dalla produzione casearia alla tessile, dall'agricoltura intensiva all'allevamento, dall'abbigliamento alle forniture militari che garantiva, per giunta, un gettito fiscale suffi-

20 Cfr. A. MANGONE, *L'industria nel regno di Napoli 1859-1861,* 1976, pp. 57-64.

In questa pagina, dall'alto: *il complesso per la la vorazione della seta a San Leucio, Caserta; un orditoio per la seta, praticamente identico ad uno del XVIII sec. e ancora in funzione per la produzione di stoffe pregiate; una seta di San Leucio.*
Nella pagina a fianco: *due immagini relative alla transumanza.*

iniziò a levitare in maniera esponenziale. Ovviamente un sistema tanto complesso e delicato richiedeva quale condizione necessaria l'assoluta stabilità politica di uno stato abbastanza ampio da includere al suo interno entrambi quei poli. Impensabile una transumanza in scenari di belligeranza incessante, di brigantaggio diffuso, di feudalesimo parcellizzato o, meno che mai, a cavallo fra più stati. In altre parole, essendo dell'uomo e non della natura, dall'iniziativa di aggregare greggi insostenibili in una singola regione, derivava l'esigenza di disporre anche di un'altra dal clima complementare, e per corollario di saper imporre la sicurezza lungo gli itinerari tra le due, ovvero lungo i celebri *tratturi.*[22]

ciente a mantenere l'esercito del primo e più grande stato preunitario. Non si trattò di un'istituzione estemporanea, ma piuttosto di una continua ottimizzazione di espedienti pastorali, tesi ad incrementare l'entità delle greggi sfidando i limiti ecologici, sfida avviatasi nella preistoria. Conclusasi tale premessa, a partire dal primo millennio a.C. la cosiddetta civiltà appenninica, che riguardò la parte centro-meridionale della Penisola, altro non fu che la diffusione capillare dell'economia pastorale e, soprattutto, del sistema di allevamento migrante o transumante. Ovviamente da non confondere con la ciclica transumanza in cui le greggi si spostavano al massimo di una ventina di km, dai pascoli d'altura a quelli vallivi, in un'area geografica ristretta.[21]

La transumanza propriamente detta, invece, pur essendo anch'essa una migrazione ciclica, avveniva su lunghe distanze, fra varie regioni. Il territorio centro meridionale, del resto, sembrava perfettamente idoneo alla specifica esigenza. Le greggi, infatti, per moltiplicarsi necessitavano di ampi pascoli: ottimi quelli degli altipiani abruzzesi e molisani ma, disgraziatamente, del tutto inospitali durante il loro rigidissimo inverno; non lontano le vaste pianure costiere della Puglia, ideali per foraggiare le grandi mandrie nell'avversa stagione per il clima mite, ma altrettanto inospitali nella torrida estate. Due poli, quindi, che permettevano pendolando fra loro mediante la transumanza, di mantenere greggi immense, generando ricchezza. Il reddito, infatti, che tratto da pochi animali sarebbe riuscito miserabile e di mera sopravvivenza, con tale ingegnoso artifizio

Per nulla casuale, allora, che i quattro grandi cicli in cui si distingue la transumanza siano, in effetti, altrettanti nodi storici nei quali si ebbero dei radicali cambiamenti di regime. Il primo va dall'età del bronzo all'epoca romana, e vide l'avvicendarsi alla gestione tribale sannita, durante la quale molte delle fortificazioni erette in opera poligonale furono finalizzate anche al controllo dei tratturi di fondovalle, quella legalitaria romana, con la sua meticolosa regolamentazione. Il secondo abbraccia buona parte del Medioevo, ovviamente a partire dall'unificazione normanna, con oscillazioni e pause più o meno lunghe in coincidenza con i vari avvicendamenti dinastici e le relative contese. Il terzo va dall'istituzione della *Dogana della Mena delle Pecore* nel 1447, fino alla fine del '700 e coincide, in sostanza, con l'età moderna. L'ultimo, infine, si avvia con la legge di soppressione della Dogana, voluta da Giuseppe Bonaparte il 21 maggior 1806, per concludersi quasi ai nostri giorni, corrispondendo con l'età contemporanea. Per cui se in ultima analisi l'attività effettiva della Dogana sopravvisse tanto a lungo va ascritto alla continuità e stabilità politica che aragonesi, spagnoli e Borboni, quasi un'unica dinastia, seppero dare al regno di Napoli. Sotto il profilo sto-

21 Cfr. J. M. MARTIN, *La vita quotidiana nell'Italia meridionale al tempo dei Normanni,* Roma 1997, pp. 250-51.

22 Cfr. N. MASTRONARDI, *I giganti verdi. Immagini, incontri e suggestioni lungo i Tratturi molisani,* Isernia 2004, pp. 16-47.

In alto: *mappa dei tratturi per la transumanza in epoca romana.*

rico la prima adozione, sia pure embrionale, della transumanza risale all'età sannita, interrompendosi per quanto ricordato, nel corso delle guerre con Roma. Assoggettato l'intero meridione fu la stessa Urbe a ripristinare la pastorizia transumante, sempre lungo gli ultrasecolari tratturi[23], che coerentemente equiparò alle vie pubbliche, *calles publicae*, per cui nel loro insieme divennero quasi un'entità regionale autonoma, finalizzata all'ottimale sfruttamento della transumanza.

Allo scopo le antiche piste furono razionalizzate, riservandone in alcuni tratti la parte centrale alla viabilità normale, non di rado basolandoli, creando così il presupposto per traffici e commerci a media e lunga percorrenza. Lungo il loro dipanarsi sorsero taverne, stazioni di posta, mercati e, dove necessario, si costruirono nuovi ponti, ville rustiche e, a volte, persino qualche cittadina. Tra queste la più nota è *Saepinum* che già nel suo nome rievoca il recinto per le pecore fatto con siepi, presso Campobasso, ricostruzione romana della *Saepinum* sannitica, a cavallo dell'incrocio del grande tratturo Pescasseroli-Candela, coincidente con il suo decumano massimo, con uno minore tra il Matese e l'Adriatico, a sua volta coincidente col cardine massimo.[24]

23 Cfr. N. PAONE, *Tratturi, canadas, drailles, drumurile oierilos*, Molise in Europa, Isernia 2006, pp. 21 e sgg.

24 Cfr. DE BENEDITTIS, GAGGIOTTI, MATTEINI CHIARI, *Saepinum Sepino*, Verona 1984, pp. 67-72.

In alto e sotto: *sito archeologico di Altilia, Campobasso.*

Sopra: *Altilia, Campobasso, lapide con il rescritto imperiale del II secolo che vieta qualsiasi richiesta di denaro ai pastori per il transito.*
In basso: *Federico II attorniato dai suoi sudditi. Salerno, Biblioteca Capitolare.*

La stabilità imperiale si dissolse intorno al V secolo, con lei pure la sicurezza sociale e le istituzioni pubbliche: tentativi di riorganizzazione della transumanza si ebbero in epoca longobarda e normanna ma con scarsi esiti, esulando dalle loro abborracciate amministrazioni la sua complessa gestione, pur avendo questi ultimi aggregato l'intero meridione nel regno di Sicilia nell'XI secolo. Le prime iniziative inerenti al settore furono promulgate da Guglielmo il Malo nel 1155 e tendevano, in virtù di larghi privilegi, ad incentivare i pastori dell'Appennino. Sebbene stentato, si ristabilì, pertanto, in quegli anni il collegamento tra le aree montane abruzzesi e quelle costiere pugliesi per la pendolare attività, e si avviò un particolare sistema di contribuzione fiscale sulle greggi, che presto si dimostrò uno dei maggiori introiti della corona.

Fu però con Federico II di Svevia, e con la sua accorta burocrazia, che si ebbe la prima seria definizione della *Mena delle pecore in Puglia*, subordinandola ad una speciale magistratura e, scelta emblematica, impiantando lungo i tratturi alquanti castelli e torri destinanti alla vigilanza ed alla protezione dei tratturi. L'istituzione rappresenta un chiaro indizio dell'esatta percezione delle crescenti potenzialità economiche ed industriali della pastorizia migrante ma, come tante altre avveniristiche intuizioni federiciane, non resse alla sua scomparsa. Sotto la successiva dinastia angioina, infatti, l'intero comparto finì trascurato e svilito, con il conseguente collasso del suo apporto finanziario.

In Castiglia proprio in quegli anni, un forte sostegno economico alla *Reconquista*, condotta dai regni cristiani per cacciare i Mori musulmani, veniva fornito dalla pastorizia transumante, che s'incrementava, insieme al suo gettito fiscale, con l'estendersi delle conquiste. Rimonta all'iniziativa di Alfonso X il Saggio, e per l'esattezza al 1273, la costituzione della *Mesta castigliana* che raggruppava circa 3.000 proprietari di greggi, tra grandi e piccoli, i quali riunendosi tre volte l'anno stabilivano i diritti e i doveri dei pastori, per regolarne i rapporti con i contadini durante le periodiche migrazioni. L'istituzione, in seguito, divenne talmente potente da dominare allo scadere del Medioevo l'in-

soldati, risultava di difficile reperimento, in un regno sconvolto dalla guerra di conquista e per giunta endemicamente gracile. Inoltre era uno stanziamento strutturale dovendosene disporre, con certezza, anno dopo anno senza alcuna contrazione o posticipazione. I documenti d'archivio pervenutici non ci consentono di appurare la maniera in cui fu risolto il problema, ma significativamente già dal 1448 la *Dogana delle Pecore di Foggia* fu in grado di elargire 93.000 ducati, con oltre 930.000 capi in transito, e l'anno appresso l'importo si attestò a 103.000 ducati su di un milione di pecore. Significativa coincidenza, non disponendo l'Aragonese di alcun altro gettito fisso lontanamente equivalente![25]

I proventi della Dogana, perciò, riuscivano congrui al mantenimento di un piccolo esercito stimato,

tera Castiglia, imponendo persino la razza migliore di pecora per incrementare gli utili: la *Merinos*, proveniente da una tribù berbera del deserto del Marocco, i *Banu-Marin*. In breve fu adottata dovunque e la lana *merino* divenne la lana più pregiata, restando ancora oggi tale.

Nell'estate del 1442 il regno di Napoli, dopo una serie di vicissitudini militari, fu conquistato da Alfonso d'Aragona, primogenito del principe di Castiglia e di Leon, che vi avviò la propria dinastia. Provetto conoscitore della *Mesta*, iniziò ad occuparsi della pastorizia transumante, praticamente all'indomani dell'incoronazione, tant'è che già dal 1443 si riscontrano i suoi primi provvedimenti al riguardo, sebbene la promulgazione dello statuto di fondazione della *Dogana delle Mena delle Pecore di Foggia*, nome che lo stesso sovrano volle per la nuova realtà istituzionale, si ebbe solo nel 1447. I risultati economici delle disposizioni in materia si confermarono subito significativi. Nel biennio 1444-45 le entrate della Dogana ascesero a 38.500 ducati, oltre il doppio delle annate precedenti. Le pecore, a loro volta, salirono a 425.000, lasciando facilmente prefigurare i successivi sviluppi.

Come tutti i monarchi anche Alfonso realizzò la necessità di dotarsi di un cospicuo esercito, preferibilmente stabile e nazionale. Il consiglio reale, nel medesimo 1443, gli fece rilevare al riguardo che sarebbero occorsi almeno 1.000 uomini d'arme, regolarmente pagati in pace od in guerra, ed allo scopo si stanziarono senza ulteriori indugi 100.000 ducati l'anno, a partire ovviamente dall'entrata in servizio degli organici. La cifra, così ingente per l'epoca da poter sostenere, persino un secolo dopo, oltre 30.000

25 Cfr. J. A. MARINO, *L'economia pastorale nel Regno di Napoli*, Napoli 1992, pp. 44-58.

In alto: *alcuni esemplari di pecora merinos.*
Sotto: *Alfonso d'Aragona in un ritratto di Juan de Juanes.*

Sopra: *il palazzo della Dogana delle pecore a Foggia.*
In basso: *antica mappa di locazione di Canosa.*
Nella pagina a fianco: *una taverna lungo il tratturo Regio (in alto a sinistra); uno scorcio del tratturo Regio (in alto a destra); un tratturo in Molise, evidente la tratta poichè di colore più chiaro.*

però, sufficiente per la difesa, per cui volendone stabilizzare e, magari, incrementare il gettito furono varate da re Alfonso delle accorte disposizioni. Anzitutto garantì ai pastori la sicurezza lungo l'intero itinerario della transumanza, dai monti al mare, reprimendo energicamente ogni forma di banditismo o di prevaricazione feudale, regolarizzando il tracciato e la dimensione dei regi tratturi. Per i principali la larghezza venne fissata in 60 passi napoletani, pari a circa 112 m, dovendosi assicurare alle greggi anche un minimo di pascolo durante il trasferimento; i *tratturelli*, invece, attingevano i 20 passi, mentre i *bracci* non superavano i 10. Di tanto in tanto si aprivano i *riposi*, spiazzi di vari ettari in cui le pecore potevano sostare alcuni giorni, in particolare prima di passare la Dogana.

Rilevò poi da tutti i possidenti agrari, nobili o plebei che fossero, i rispettivi fondi sul Tavoliere acquisendoli mediante appositi contratti d'affitto obbligati, trasformandoli quasi in un immenso pascolo a disposizione del demanio regio, diviso ed organizzato in *Locazioni* e *Poste*, tanti distinti lotti di variabile estensione, pensati in modo da poter essere dati, anno per anno, in affitto ai *Locati*, ovvero ai proprietari delle greggi. Circa 4.000 kmq costituirono, così, l'area pugliese destinata al soggiorno invernale delle pecore! Al pari dei possidenti terrieri, anche quelli armentizi dovettero sottostare a specifici accordi con lo Stato, impegnandosi a svernare soltanto sul Tavoliere e negli appezzamenti assegnati. La corresponsione dei canoni, tuttavia, non avveniva direttamente ma formava l'imposta stabilita per ogni capo transumante: in pratica ogni pastore, pagando la gabella per ciascuna pecora del gregge, acquisiva il diritto all'assegnazione da parte dei funzionari reali della Dogana di una *locazione*, adeguata al numero degli animali che conduceva. Si trattava, in definitiva, di una sorta di doppio contratto di affitto, uno di acquisizione dei terreni dai proprietari, che beneficiavano anche della loro fertilizzazione in base ad un preciso ciclo, e l'altro di concessione degli stessi agli armentari, piuttosto che di un'odiosa gabella passiva e vessatoria.

In dettaglio, i campi erano seminati per due anni consecutivi, il primo anno a grano ed il secondo a grano, ad orzo, avena o fave, in base al tipo di terreno

e di richiesta del mercato. Il terzo anno il campo non si arava, lasciandolo al pascolo ovino, e così pure nel quarto, ma fino al 17 gennaio, quando veniva restituito ai coltivatori, che lo preparavano per la semina invernale, riavviando il ciclo quadriennale. Ovviamente nel corso della lunga esistenza della Dogana si ebbero anche altri modelli di suddivisione del ciclo agro-pastorale, variando le percentuali di terra coltivata rispetto a quella data a pascolo, fermo restando però il criterio che fosse la permanenza invernale degli animali a fertilizzare tutti i campi coltivabili, assicurando in tal modo al Tavoliere il ruolo di granaio, per i suoi ingenti raccolti.

Dal punto di vista economico, tra l'ammontare complessivo del canone di acquisizione dai possidenti terrieri e quello di concessione agli armentizi, esisteva una cospicua differenza che costituiva l'aliquota primaria del gettito della Dogana, al di là di quella meramente fiscale. In linea di massima il costo della tassa non era di per sé esoso, riuscendo anzi addirittura inferiore a quello esatto in precedenza senza la corresponsione di alcun servizio. La validità dell'istituzione non solo ampliò rapidamente il numero di pastori interessati, ma ne attrasse anche altri dallo Stato Pontificio, per ovvi motivi, graditissimi alla Corona.

Sul finire dell'estate, e per oltre quattro secoli, milioni di pecore lasciavano i pascoli appenninici e scendevano verso la Puglia, per ripercorrere a primavera inoltrata, dopo aver assolto i precisi obblighi fiscali con la Dogana, l'itinerario inverso, per un totale fra andata e ritorno di circa 400 km. L'anno, sotto questo profilo, si divideva secondo un preciso calendario così strutturato:

8 maggio-29 settembre → stagione estiva
15 settembre-15 ottobre → migrazione fino al Biferno
15 ottobre-1 novembre → migrazione fino al Fortore
1 novembre-25 novembre → occupazione dei pascoli
25 novebre-25 marzo → stagione invernale
25 marzo-8 maggio → ritorno ai pascoli estivi

Questa la ricostruzione del sistema esattivo nella descrizione riassuntiva del Di Stefano, redatta nel 1731 nella sua celebre opera "*Della Ragion Pastorale*":

"Ma siccome in tutto l'inverno non si dà ai locati molestia veruna, così poi, venuto il tempo in cui i frutti dell'industria sono maturi e debbonsi vendere alla fiera di Foggia, cessa ogni credenza (credito, n.d.a.) e non possono partirsi dalla Puglia se non avranno in tutto o in parte pagato il loro debito, e in parte assicurata la Regia Corte.. (alla quale andavano pagate le erbe) date ai locati in credenza. E poiché poteva capitare che essi si vendessero la lana destinando ad altro il ricavato, sin da tempo eccedente ogni memoria d'uomo, forse sin dalla nascita della Dogana, era d'obbligo per tutti in ciascun anno portare le lane nei magazzini della città di Foggia, ove i Regi pesatori ne riconoscevano la

Sotto: *il frontespizio del volume del Di Stefano, La Ragion Pastorale del 1731.*
In basso: *una stampa sulla transumanza tratta dallo stesso volume.*

qualità e la quantità e i Credenzieri e il Percettore rilasciavano un lasciapassare detto Passata che, esibito ai Cavallari di guardia ai posti di blocco detti passi, consentiva di rientrare ai rispettivi paesi di residenza".

Ovviamente nessun pastore poteva ripartire con le pecore non tosate, o comunque senza aver pagato i canoni stabiliti e per la crescente complessità dell'istituzione e il suo progressivo articolarsi, fu presto necessario suddividerne i ruoli. Sorse così un'apposita commissione, che divenne un'appendice della Dogana stessa, destinata alla gestione delle tante incombenze non spiccatamente fiscali. Ricaddero, pertanto, sotto la sua autorità sia l'amministrazione della giustizia civile e criminale, in quella sorta di universo pastorale, ben lontano dalla visione arcadica, sia l'ammasso e la commercializzazione della lana che divenne, di fatto, un monopolio regio. L'ottima gestione della Dogana si riscontra nel vistoso decollo della pastorizia transumante: alla fine del XV secolo attraversarono Foggia ben 2 milioni di pecore, per non parlare delle mandrie di bovini, dei cavalli e dei cani pastori, entità inferiore alla massima raggiunta, nonostante un facile calcolo facesse ascendere il limite ecologico del Tavoliere ad una capacità teorica massima di 2.5 milioni di capi.

La fine della belligeranza tra Spagnoli e Francesi, e la conseguente creazione del viceregno di Napoli, portò ad un'ennesima riorganizzazione della Dogana delle Pecore. In virtù delle normative introdotte, i capi di bestiame in transito raggiunsero la cifra di oltre 4 milioni, con proventi di quasi 500.000 ducati. Giocava allo strepitoso risultato anche una serie di artifizi fiscali, poiché in pratica le pecore mai infransero di molto il famoso limite ecologico di 2,5 milioni di unità. Ciò non toglie che il sistema si confermava ancora la primaria risorsa del regno, di sicuro la più regolare e la più facilmente esigibile, ideale perciò per le spese militari.

La guerra tra l'Impero spagnolo e quello ottomano infuriava ed i suoi oneri, reputati di vitale priorità, ingoiavano ricchezze senza soluzione di continuità. Spesso, poi, rovesci sui campi di battaglia o disastri in mare richiedevano sforzi ulteriori ed altri capitali: ed ancora una volta il gettito della Dogana delle Pecore valse a sostenerli. Così nel 1537 mentre imperversava l'attacco turco a Corfù, vantando le truppe imperiali un soldo arretrato pari a 30.000 scudi, fu solo con l'impiego di una parte del gettito della Dogana che si fronteggiò la delicatissima crisi. Ancora nel 1589-90, all'indomani del disastro dell'*Invincibile Armada*, oltre 76.000 ducati della Dogana finanziarono la costruzione di 28 galere per la flotta asburgica. Circa 78.000 si destinarono sempre all'approntamento di altre 16 galere, nel 1602, mentre nel 1621, 144.000 ducati rimpinguarono le esauste casse militari. Così pure nel 1673, altri 92.000, ed ancora nel 1701 ben 120.000 ducati servirono per il soldo delle truppe spagnole di stanza a Milano. Gli esempi citati non sono certamente gli unici ma senza dubbio i più significativi, ed evidenziano, proprio perché estrapolati in un lungo arco di tempo, la ricorrenza della prassi.

Innegabile, pertanto, la stretta correlazione attivatasi nel regno di Napoli, a partire dall'età medievale, tra pecore ed eserciti, sia pure sotto l'egida aragonese prima e spagnola poi. Nel 1734, finalmente, quell'interminabile tutela cessò ed il meridione guadagnò con Carlo III di Borbone una sua compiuta autonomia. L'affrancamento dalla Spagna comportò per il giovane sovrano la prioritaria esigenza di formare, ancora una volta, un esercito nazionale, operazione che trovò attuazione pratica contestualmente al rimpatrio delle residue truppe imperiali. Tra i criteri ispiratori della forza armata regnicola adottati

Sotto: *Napoli, Palazzo Reale, dettaglio della statua di Carlo III di Borbone.*

da Carlo spicca quello dell'autarchia per le industrie militari e, più in generale, per tutte le forniture connesse al settore. Il Galanti precisa, puntigliosamente, che si estese persino in merito al vestiario e all'equipaggiamento della truppa, che il sovrano volle vestita *di panni nazionali* per cui le relative industrie si moltiplicarono. Il principio, in generale nuovo, non lo era però in particolare, poiché già agli inizi del '700 alcuni paesini della provincia di Terra di Lavoro, attualmente però inclusi in quella di Benevento, si erano specializzati nella fabbricazione di uniformi per l'esercito. Nel 1704, ad esempio, a Cerreto Sannita se ne realizzarono 500, destinate ai soldati dei Reali Presidi di Toscana.[26]

La saggia e moderna impostazione voluta da re Carlo scaturiva probabilmente da almeno due constatazioni apparentemente indipendenti, ma in definitiva strettamente cooperanti per la stabilità della neonata Nazione: attivando mediante le forniture militari il settore industriale, pressoché inesistente nel regno, si sarebbe innescato un circolo economico virtuoso che, a sua volta, avrebbe accelerato l'evoluzione culturale della popolazione. Secoli d'abbrutimento, di sfruttamento selvaggio e d'abbandono si sarebbero perciò gradatamente superati, sconfiggendo l'endemica miseria. Al contempo eliminando qualsiasi dipendenza militare dalle forniture estere, si sarebbe affrancato lo Stato da ogni umiliante tutela europea, frustrando il rischio di una sua colonizzazione. Sul finire del settecento la produzione di pezze di panno fu di circa 40.000, pari ad 800.000 m, entità non eccessiva per uno stato di cinque milioni di abitanti. E pur essendo la qualità della lana ottima, quella dei tessuti restò, invece, sempre mediocre. Un po' migliore quella dei panni lana di Piedimonte, Cerreto, Cusano e Morcone, tutti abbarbicati alle pendici del massiccio del Matese, da sempre ricetto di greggi e pastori. Di notevole interesse il grande opificio per la tinta dei panni, già di proprietà ducale, la cui originaria costruzione risale al XV secolo, ed in seguito dato in affitto ad imprenditori privati, i cui ruderi ancora di possono visitare a Cerreto Sannita.

26 Cfr. F. RUSSO, *La difesa costiera dello Stato dei Reali Presidi di Toscana tra il XVI ed il XIX secolo,* Roma 2002.

Sotto: *Cusano Mutri, Benevento, edificio adibito nel '700 alla lavorazione dei panni lana: ben evidente il grande stenditoio ad archetti.*

L'opportunità innescata da Carlo III agì da stimolo per un rapido ammodernamento degli impianti e delle strutture. Ma nonostante le attenzioni reali e le capacità delle maestranze, il programma non registrò un immediato successo: la qualità non migliorava, forse per l'antica consuetudine di destinare alle forniture militari le lane peggiori, e la quantità risultava sempre insufficiente, capace al massimo di coprire i bisogni dell'esercito in tempo di pace. Diversi decenni dopo la produzione ancora non bastava a soddisfare le esigenze dell'esercito, al punto che non tutti i soldati disponevano di una vera uniforme. Nella tragica ritirata verso la Calabria, dinanzi alle truppe francesi nel 1804-5, il comandante in capo napoletano dovette inviare un suo emissario al collega nemico per spiegargli che moltissimi dei suoi uomini indossavano panni civili perché sprovvisti di quelli d'ordinanza. Lo pregava pertanto di tenere nel debito conto quella deficienza in caso di loro cattura, evitando di fucilarli come briganti!

Col tempo fu risolta anche quella carenza, ma in materia di uniformi la parsimonia più assoluta, tipica anche degli altri eserciti stranieri, restò la regola: agli inizi dell'ottocento, ad esempio, quattro camicie dovevano bastare ad ogni soldato per tre anni, e così pure l'abito di lana che, per giunta, quando dismesso andava alle reclute! Nulla del prezioso vello delle pecore si sprecò mai da parte dell'amministrazione militare, e se per i Francesi fu il denaro a consentire la guerra, per i Napoletani lo fu, per la duplicità dei motivi esposti, soprattutto la *pecunia*!

In alto: *Cusano Mutri, altro grande stabilimento per la lavorazione dei panni lana, la cui connotazione originaria è stata compromessa da pesanti interventi ristrutturativi.*
Sotto: *Cerreto Sannita, Benevento, ruderi del grande opificio per la tintura dei panni di lana in corso di restauro.*

Il bottone

Un'invenzione minore del Medioevo, o anche in questo caso piuttosto la sua riscoperta e diffusione, fu un accessorio dell'abbigliamento destinato non soltanto ad imporsi nel futuro, ma persino a snaturarsi passando da quel settore a quello dell'elettronica: il bottone.

Sebbene, come certificano i vari rinvenimenti archeologici, il bottone in qualche modo fosse noto sin dalla preistoria e, quindi, perfettamente conosciuto anche in età romana, non trovò però larga adozione essendo le chiusure delle tuniche e dei mantelli affidate a dei lacci o, più spesso, a delle fibbie. Di queste ve ne erano di simili alle nostre definite di sicurezza o da balia, dette fibule, che consentivano un impiego praticamente equivalente al bottone, ma senza il bisogno di alcuna asola, occhiello o alamaro, esigenza che per la pesantezza della tunica sarebbe risultata di improba soddisfazione. Durante l'alto Medioevo l'impiego di capi in pelle fermati da stringhe e fibbie ridusse l'uso delle fibule facendo dimenticare quasi del tutto il modesto bottone, che tornò in auge solo con il diffondersi di abbigliamenti più leggeri ed eleganti, in definitiva ancora una volta a partire dal XII secolo. Ed è appunto in questo scorcio storico che si individua la prima menzione letteraria del bottone, ricordato nella *Chanson de Roland*, XV, con queste parole:

Sopra: Piazza Armerina, mosaico del IV secolo, raffigurante un antesignano bikini trattenuto con lacci. Sotto: miniatura medievale sulla morte di Orlando, episodio tratto dalla Chanson de Roland.

Il n'en a cure de quel
mort nos rnoron.
Conseil d'orgue! ne vaut
mie un boton :
Laist-on le fou, aus*
*sages se teigne-on**

I suggerimenti dell'orgoglio non valgono un bottone: segno che il suo impiego era ormai tanto diffuso da renderne infimo il valore economico! Le cose mutarono nettamente nel secolo successivo, quando il bottone iniziò a rappresentare un prezioso ornamento sugli abiti dei potenti, un segno quasi della loro ricchezza, ed a costruirli provvidero gli orafi. La massima dif-

santi più o meno circolari, anch'essi del diametro pari al pollice, con i quali si aprivano o chiudevano dei circuiti elettrici: l'analogia, pertanto, oltre ad essere di tipo formale, era anche funzionale e da allora il termine bottone, più che indicare il piccolo accessorio dei vestiti, indica la parte mobile di un pulsante, assurgendo da alcuni decenni a simbolo virtuale del comando.

A fianco: bottone dell'uniforme dell'Esercito Italiano del 1979.
Sotto: pulsantiera con comando ausiliari in una moderna auto sportiva.
In basso: il cockpit di un Falcon 20.

fusione avvenne però nel XVI secolo, allorché si montarono intere file di bottoni, senza le corrispettive asole, per pura esigenza estetica, incrementandone la dimensione e sbalzandovi sopra lo stemma della casata. Anche le uniformi non sfuggirono a tale tendenza adottando un numero rilevante di bottoni per lo più metallici ed istoriati.

Dagli inizi del secolo scorso, constatato che il bottone possedeva per lo più la larghezza del pollice ed era di forma circolare, si chiamarono così tutti i pul-

De Arte Agricolae

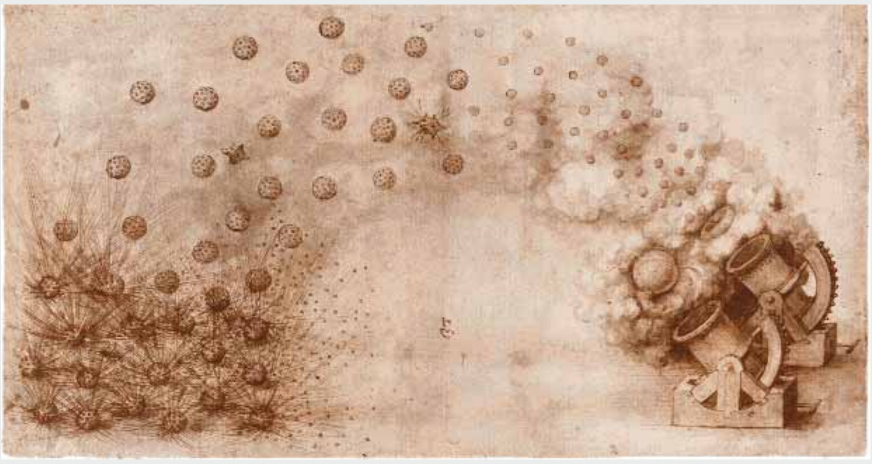
Miniatura medievale raffigurante le attività agricole nei vari mesi dell'anno.

Militaria mirabilia

La granata

E quando cade la palla di mezzo, dà foco all'altre balle, e la palla di mezzo scoppia e sparge le altre, le quali pigliano il foco a termine d'un Ave Maria. E ha di fori uno guscio che copre ogni cosa.

Leonardo da Vinci,
Codice Atlantico, f. 9 v,
fine '400



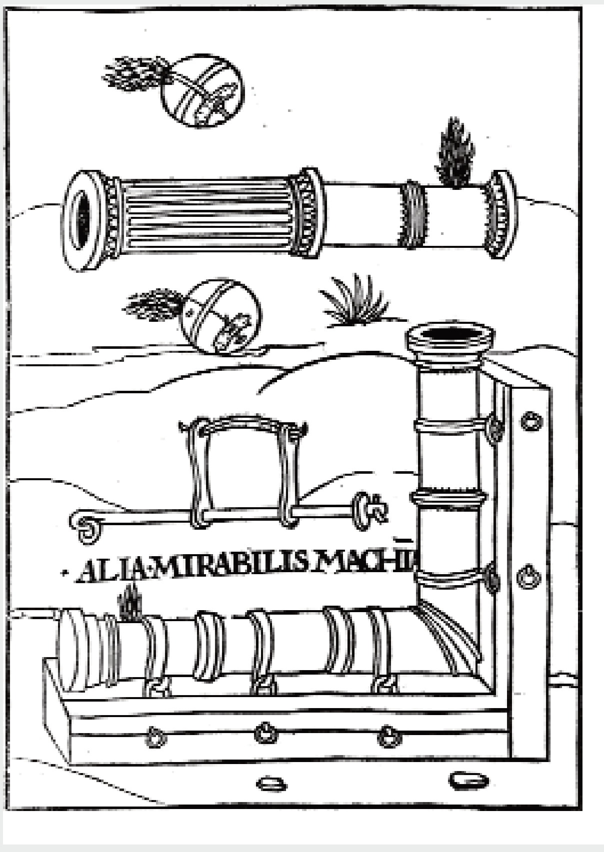
Mezzo secolo prima

La descrizione di Leonardo della granata, e più ancora la raffigurazione dell'esplosione, sono come sempre di estrema efficacia e suggestione ma, al pari di tanti altri suoi disegni, per nulla originali, rimontando l'impiego agli inizi del quattrocento. Già Roberto Valturio (1405-1475) nel suo trattato ne attribuiva l'invenzione a Sigismondo Pandolfo Malatesta, di cui era segretario, precisando che l'accensione avveniva con esca di funghi secchi:

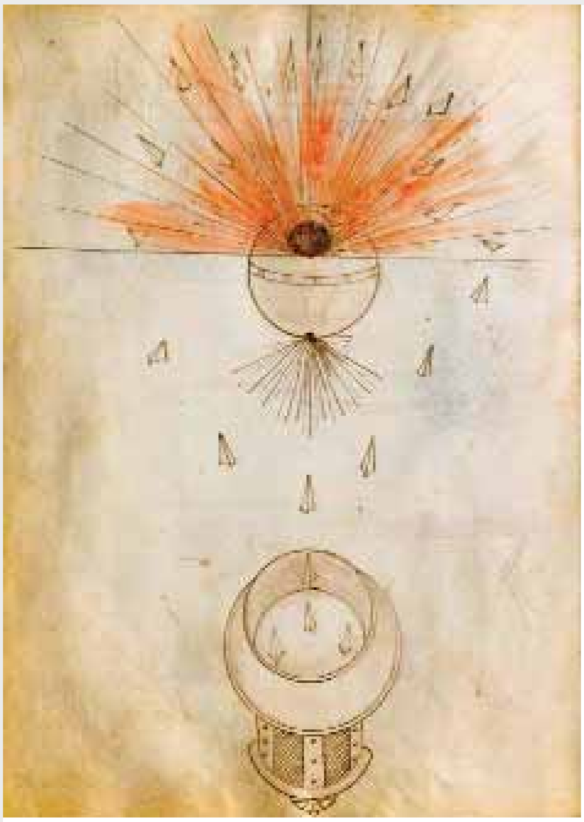
Similmente o Sygismonde Pandulpho questa è una altra inventione tua de questa machina da la quale se tra fore alcune balle di metallo piene di polvere de bombarde con alcune esce de fungi sechi.

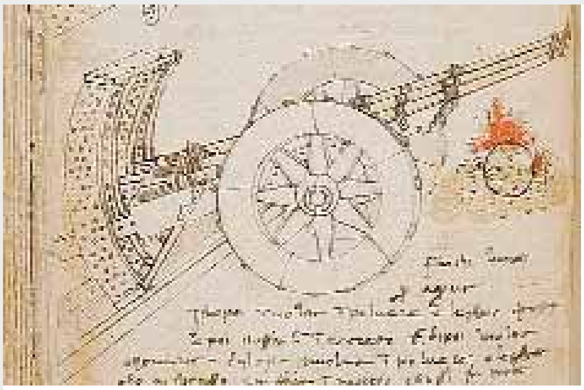
Roberto Valturio,
De re militari, lib. IX, ≈1450

L'attribuzione, tuttavia, non sembra giustificata, limitandosi forse ad un perfezionamento di un progetto che anche allora già esisteva da tempo, come alcuni disegni di Filippo Brunelleschi (1377-1446),



In alto: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 33r.*
A fianco: *Roberto Valturio, De re militari, libro X.*





di Mariano di Jacopo (1382-1453), di Giovanni Fontana (1395-?) e di altri ancora, suoi coetanei, stanno a confermare.
Lo spunto, del resto, derivava dalla banale osservazione del frutto del melograno, per i Francesi pome granade, per gli Italiani melagrana e per i Napoletani semplicemente granata: una sfera dalla buccia coriacea, la cuspide polare rialzata, ed all'interno una miriade di chicchi rossi. Immaginare una sfera di metallo, con una spoletta superiore riempita di frammenti di ferro, rossi dopo l'esplosione di una carica interna di polvere, non richiese eccessiva fantasia, giustificando perciò la permanenza del nome.
Più difficoltà, se mai, sorsero dalla realizzazione di una sfera cava, dapprima in due parti e poi in un unico blocco, destinata ad accogliere sia la polvere che le schegge, con una spoletta a tempo sporgente sulla superficie.

In alto, a sinistra: *Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber cum figuris, fol. 50v, Monaco, Alte Hofbibliothek – 72 Bl, 1420-30 ca.*
A destra, dall'alto: *Roberto Valturio, De re militari, lib.IX; Raffigurazione tardo medievale di una granata con la miccia avvolta intorno; una melagrana ancora sull'albero ed aperta.*

Parte Quarta:
Agricoltura, boschi e nuove piante

Un deserto verdeggiante

Una felice immagine delle aree abitate del Vicino Oriente e dell'Occidente vede le prime circondate da deserti sterili, raccolte intorno alle rare oasi verdeggianti di palme; le seconde, invece, circondate da immense foreste ininterrotte, concentrate sui rari terreni disboscati. Immagini che sembrano il negativo ed il positivo di un'identica realtà: la forte sperequazione tra le piccole aree abitate e le immense regioni allo stato naturale. E, soprattutto, la vistosa contrazione demografica che aveva determinato quel misero raggrupparsi in angoli ambientali meno ostili e repellenti.[1]

Stando ad alcuni attendibili studi storici la popolazione dell'Europa che viene supposta di circa 25.500.000 abitanti all'epoca della nascita di Cristo, si contrasse a poco meno di 19.000.000 intorno alla metà del IV secolo, per scendere ancora a scarsi 15.000.000 nel settimo. La Germania al termine delle grandi migrazioni, secondo il parere di altri studiosi, infatti, non avrebbe contato nel VI secolo più di 6-700.000 abitanti, attestandosi su di una densità media 2,4-2,8 in-

1 Cfr. F. BRAUDEL, *Civiltà e imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II*, Torino 1976, vol. I, pp.185-89.

In alto: *un'oasi nel deserto di Oman.*
A fianco: *veduta aerea di una foresta europea.*

dividui per kmq. Agli inizi dell'XI secolo la situazione appare in netto contrasto, essendosi verificata una notevole ripresa demografica, al punto da far ascendere di nuovo ad oltre 22.000.000 la popolazione europea nel suo complesso. Va ancora osservato, ed anche in ciò il parere di molti studiosi del settore è assolutamente concorde, che in Italia la denatalità e la contrazione demografica ostentano i loro evidenti sintomi già nel II secolo e forse persino prima per il Mezzogiorno e per il Lazio, le regioni ormai periferiche dell'Impero, afflitte dal latifondo e dalla preminenza di una popolazione servile in esso impiegata.

Come accennato in precedenza, al forte tracollo demografico si accompagnò una progressiva ruralizzazione sociale che interessò tutti gli ambiti, con un contemporaneo progressivo abbandono delle città, reso evidente dalla contrazione delle cerchie difensive, eccessive per le realtà interne, fenomeno persino più grave se si prende in esame il contestuale ampliarsi delle aree urbane prive di abitanti e spesso coltivate. La prima spiegazione è banale, ravvisando ovviamente nei prodotti agricoli l'unica risorsa per la sopravvivenza, ma si rivela tale osservando che un identico fenomeno di abbandono si registra pure nei piccoli paesi e villaggi con la fuga dalle terre regolarmente coltivate, con la conseguenza dell'avanzamento del degrado boschivo e delle foreste. Il contesto, in ultima analisi, urbano o rurale tende verso l'abbandono della razionalità della coltivazione intensiva in favore di una agricoltura estensiva, tipica del Medioevo, con la trasformazione per molte zone in pascolo. Ad aggravare il quadro, l'abbandono della manutenzione alle opere di bonifica che portarono, in breve volgere, il ritorno della palude e alla ricomparsa della malaria.[2]

2 Cfr. J. LE GOFF, *La civiltà dell'Occidente medievale*, Torino 1981, pp. 228-33.

Sotto: *la palude del Circeo.*

Quel tragico sfacelo non fu in assoluto una conseguenza delle invasioni né del sovrapporsi delle stirpi germaniche, che nel loro insieme non raggiunsero mai più del 5% della popolazione, stando ad attenti studiosi quali il Pirenne, sebbene al riguardo sussistano ampie divaricazioni di stima: ma anche assumendo le cifre maggiori la componente barbara della popolazione medievale europea, nell'area dell'ex Impero romano d'occidente, resta socialmente di gran lunga minoritaria ed etnicamente quasi insignificante.[3] Simile revisione è stata applicata anche alle supposte stragi che si ritenevano perpetrate durante le invasioni e che sembrerebbero, in realtà, di entità molto minore. Il fenomeno dello spopolamento, quindi, è di tipo endogeno, dettato da altri fattori forse squisitamente economici, tant'è che non a caso si manifesta nella sua evidenza a partire dal III secolo con la grande crisi imperiale e cessa con il riprendersi dell'economia nell'XI: effetti quindi e non cause.[4]

Quanto rozzamente schematizzato, tuttavia, non ha il pregio dell'omogeneità poiché, in alcuni contesti, la situazione si mantenne sempre molto diversa, ma è innegabile che quei contesti ebbero sempre condizioni esistenziali straordinariamente migliori.

Un universo di legno

I primi secoli del Medioevo, quelli della *tarda antichità*, e parte dei successivi dell'*Alto medioevo*, videro l'espandersi assoluto della foresta, che finì per estendersi a gran parte del continente: in Italia, ad esempio, il Piemonte si ricoprì più che in passato di boschi, come pure buona parte della pianura padana, che assunse un aspetto selvaggio. Facevano eccezione, ovviamente, i paesi a clima più arido, quelli mediterranei che non subirono lo stesso fenomeno. Nell'Europa centrale tale prevalenza ebbe connotazioni quasi inedite, specialmente dopo i vasti disboscamenti successivi alla conquista romana. Persino Londra era assediata dagli alberi della foresta! Ovviamente per gli uomini dell'epoca, la foresta divenne presto una comoda ed inesauribile risorsa, una volta mutato il tipo di vita e gli standard esistenziali vigenti. È difficile per noi immaginare oggi un materiale che risulti contemporaneamente ottimo per le costruzioni edili e ideale per le meccaniche, che sia insuperabile come fonte di energia, dal riscaldamento domestico a quello della forgia e dei forni fusori, che sia ancora indispensabile per la cantieristica

3 Cfr. M. MAZZA, *Lotte sociali e restaurazione autoritaria nel III secolo d.C.*, Bari 1973, parte prima.
4 Cfr. G. GALASSO, *L'altra Europa*, Cuneo 1982, pp. 13-63.

navale ed al contempo anche fornitore di alimenti, frutta in maniera diretta e animali in maniera indiretta, come ad esempio le ghiande per la nutrizione dei maiali. Il legname, mai come nel Medioevo, stava alla base di tutto il ciclo produttivo e di tutte le esigenze esistenziali, in ogni più minuta articolazione: se la guerra si faceva col ferro, il ferro si otteneva dai relativi minerali soltanto con la legna o con i suoi derivati.[5]

Nella foresta si potevano logicamente tagliare gli alberi, ma si poteva anche pescare nelle zone acquitrinose, o cacciare, o persino raccogliere il miele che vi era prodotto in discreta abbondanza e che all'epoca costituiva il solo dolcificante disponibile. E sempre nella foresta pascolavano gli animali allevati allo stato brado, dai maiali alle pecore. I primi fornivano buona parte della quota proteica dell'alimentazione, le seconde oltre al latte la preziosa lana. Un mondo che, se rimase tanto a lungo in quello stadio fu anche perché aveva trovato un suo equilibrio ecologico, tra esigenze e risorse disponibili, dove anzi quest'ultime eccedevano le altre.

5 Cfr. J. LE GOFF, *La civiltà...*, cit., pp.222-28.

In alto: *un bosco dell'Europa centrale.*
A fianco: *miniatura XIV secolo sulla lavorazione del legname.*

Con l'evolversi dei costumi, con il lento ma costante riprendersi dell'agricoltura, specialmente quella incentivata dai complessi monastici, s'iniziò ad attaccare ed intaccare profondamente il manto forestale, che almeno inizialmente dette dei terreni fertilissimi, in particolare dopo l'incendio della vegetazione spon-

Sopra: *miniatura medievale tratta da un codice sulla vita di San Bernardo, XV sec.*
In basso, a sinistra: *veduta aerea dell'abbazia di Monte Cassino, Frosinone.*
In basso, a destra: *la palude pontina intorno al castello di Ninfa, Latina, anni '30.*

tanea. In molti contratti medievali prende così a comparire la frase, in latino sgrammaticato: "*Silva infructuosa roncare…*» ed anche: *«et per lungo in silva quanto runcare potueritis de terra bona…*". Queste espressioni segnano la fine di una società arcaica, quasi primitiva, adattatasi a sopravvivere sfruttando semplicemente le risorse circostanti, e la rinascita dell'agricoltura razionale soprattutto laddove incentivata e diretta, come accennato, dagli ordini monastici, al momento i massimi detentori della cultura in ogni sua branca. In questa ottica di recupero delle aree coltivabili si tornò a drenare gli acquitrini paludosi e, in Italia, la bonifica si avvia tra il IX ed il X a partire dalla Pianura Padana, ottenendone campi di eccezionale fertilità e rendimento, che alcuni osservatori del XV secolo non mancarono di paragonare alle terre di Fiandra già da tempo messe a coltura razionalmente.

Logicamente nella bonifica i risultati non furono dovunque analoghi, né dovunque vennero affrontati con il medesimo interesse e con la medesima larghezza di risorse. Giocò, e non va sottovalutato, un ruolo essenziale anche la scarsa capacità tecnica vigente che garantì i successi della bonifica solo nelle zone dove le condizioni naturali erano le più idonee al prosciugamento. Basti pensare che ancora nel XVI secolo gli acquitrini ed i campi paludosi ed incolti costituivano rispettivamente il 15% ed il 25% delle terre veronesi e padovane. Le stesse grandi città di Roma e Napoli stavano incastonate tra grandi paludi costiere che si riuscirà a bonificare soltanto agli inizi del secolo scorso.

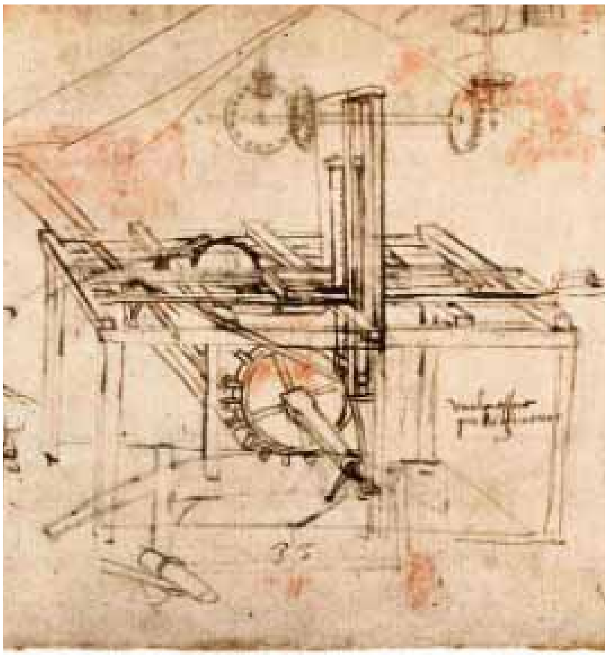
La sega idraulica per legname

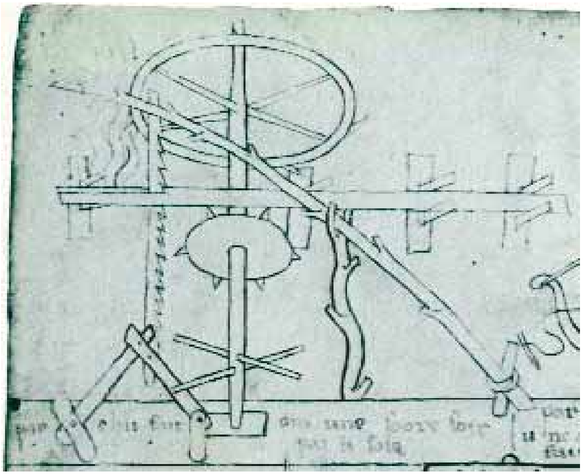
In un mondo organizzatosi intorno all'uso del legno, in tutte le sue possibili destinazioni, non stupisce che fra i primi rudimentali schizzi di macchine utensili altrettanto rozze e approssimate vi siano quelli di una sega azionata da una ruota idraulica, in grado secondo i vari inventori di ridurre i tronchi in tavole e travi. Essendo una macchina che si ritrova in tutti i taccuini degli ingegneri rinascimentali, senza però che se ne abbia alcun riscontro di effettiva esistenza, e risapendosi per contro, sia dalle fonti scritte che iconiche, che seghe idrauliche similari per pietra e per legno vennero costruite ed adoperate in epoca imperiale, si deve concludere che quei grafici fossero un tentativo di restituire a quelle notizie una credibilità, e magari riscoprire la relativa macchina.[6]

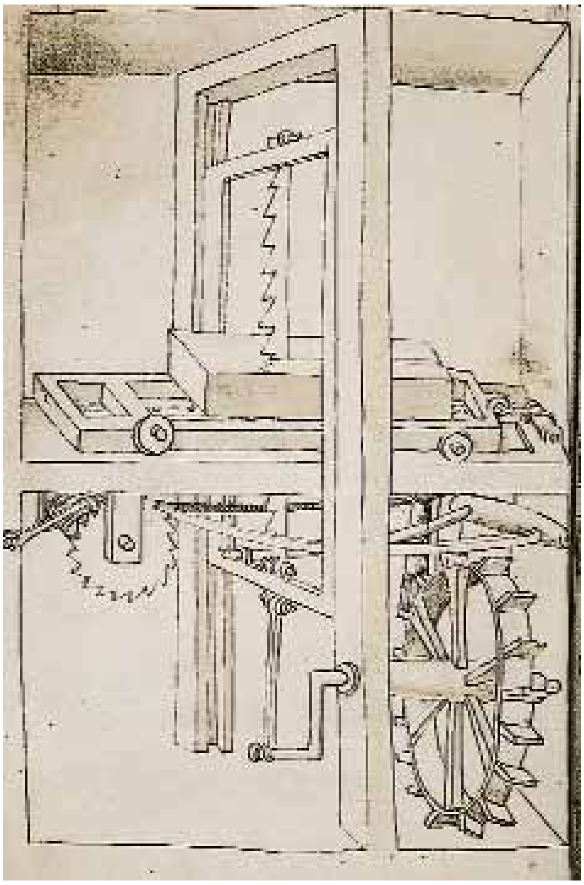
In linea di massima consisteva in una ruota idraulica la cui rotazione attraverso un sistema biella manovella imprimeva ad una lama di sega montata verticalmente un moto alternato, mentre altri ingranaggi trasmettevano il moto lineare al carrello porta tronchi.[7]

6 Cfr. K. GREWE, P. KESSENER, *A stone relief of a water-powered stone saw at Hierapolis, Phrygia*, in AA.VV., *Energie hydraulique et machines élevatrices d'eau durant l'antiquitè*, Napoli 2007, pp.227- 42.
7 Cfr. B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Varese 1972, pp. 24-28.

Sotto: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 1078r.*
A fianco, dall'alto: *bassorilievo di epoca imperiale, raffigurante una sega idraulica per pietra, rinvenuto a Hierapolis; disegno tratto dal taccuino di Villard de Honnecourt; disegno tratto dal Codice Palatino 767 di Mariano Taccola, fol. 88.*





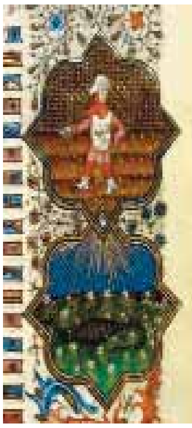


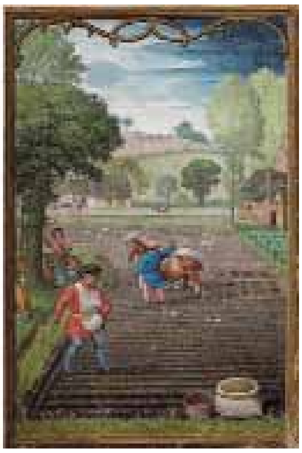
I rendimenti della terra

È indispensabile, per comprendere i progressi tecnologici sviluppatisi a partire dall'Alto medioevo, stabilire, sia pure con le debite riserve, quali fossero i rendimenti vigenti dei terreni, peraltro mal concimati e peggio arati, quindi facilmente soggetti all'esaurimento. Per tale epoca, infatti, è sempre improbo reperire dati per la modestissima documentazione pervenutaci. Più significativa quella successiva al IX secolo, che per la Francia sembra certificare un rapporto tra seme e resa pari a poco più del doppio, entità affatto negativa. Un po' meglio in alcune tenute di monasteri dove a volte viene tramandata una resa del triplo. Significativamente, nella stessa epoca si osserva in base alle fonti disponibili una escursione che va da poco più di 1.5 a 3, le cui ragioni sono da spiegarsi con le differenze pedologiche e climatiche dei terreni esaminati. Rendimenti minori si hanno nelle zone collinari e montane, che danno un preciso riscontro della miseria instauratasi. Le migliorie, più che le scoperte introdotte in agricoltura, variarono di poco quella modestissima resa: per avere un'idea di quanto misera fosse basti pensare che in zone della Francia dove attualmente si attesta a 20 il rapporto tra seme e raccolto, agli inizi del XV secolo superava appena il triplo! Eccezionali e quasi miracolosi i rendimenti avutisi agli inizi del '300 pari a circa sette volte il seme e finanche dieci, ma restarono eventi sporadici e comunque isolati.[8]

8 Cfr. J. LE GOFF, *La civiltà...*, cit., pp.228- 31.

In questa pagina: *miniature medievali raffiguranti la semina e le tecniche di coltivazione.*





I nuovi aratri a ruote

Le deficienze tecniche dell'alto medioevo pesano soprattutto nell'agricoltura, con bassi rendimenti, conseguenze non ultima dell'arcaico sistema di aratura. L'aratro che proviene dall'età classica è di legno con il vomere in ferro ed tirato da buoi aggiogati in maniera approssimata. Scalfisce il terreno piuttosto che aprirvi dei solchi larghi e profondi e non consente un'efficace ossigenazione delle zolle, per cui la si ripete con una certa frequenza nel corso dell'anno. Intorno all'XI secolo inizia a diffondersi dal nord della Francia un rivoluzionario tipo di aratro, definito pesante. Monta un vomere asimmetrico, in sostanza una lama verticale accoppiata ad una diagonale superficiale che funge da versatoio, ed è istallato su di un assale ruotato, non essendo più possibile sostenerlo con le braccia. Di esso già se ne trova menzione nella *Storia Naturale* di Plinio il Vecchio[9] con queste parole:

Non pridem inventum in Retia Galliae
Nella regione Rezia della Gallia, di recente
ut duas adderent tali rotulas,
hanno montato a questo vomere due ruote
quod genun vocant plaumorati.
e chiamano questo tipo di aratro *plaumoratum*.

Grazie alle lame il solco non solo veniva aperto in profondità, ma la zolla staccata era rigirata dal versatoio consentendo perciò una profonda aerazione, garanzia di raccolti di gran lunga maggiori. Ovviamente per un attrezzo del genere occorreva una po-

9 Da G. PLINIO, *Naturalis Historia*, lib. XVIII, 48.

In alto a destra ed in basso: *miniature medievali raffiguranti l'utilizzo dell'aratro a ruote.*
A fianco: *ricostruzione di aratro a ruote medievale.*

tenza motrice maggiore che solo l'impiego dei grandi cavalli, che nel frattempo erano stati selezionati per la guerra corazzata, con l'attacco di spalla riuscivano a soddisfare, o in alternativa dei buoi ma con il giogo frontale.[10]

Carestie ed epidemie

Gli agronomi britannici del '200 ritennero normali rendimenti dell'ordine di otto volte per l'orzo, di sette per la segala, di cinque per il frumento e di quattro per l'avena: i dati reali però dimostrano che si stava ben lontano da quei valori, da intendersi perciò come livelli teorici ottimali da raggiungere, tanto più che in regioni montane scendevano ulteriormente abbassando la media. Se ad esempio in pianura il grano attingeva la resa di quattro volte, in montagna non superava le due: con rendite così scarse era sempre in agguato per una qualsiasi ragione, climatica o bellica, la perdita anche della pura semina con esiti sociali catastrofici, quali carestie ed epidemie. Una siccità prolungata, una più abbondante piovosità, un freddo troppo intenso bastavano a falcidiare i già miseri raccolti in un'intera regione, il che, per l'inesistenza di efficaci mezzi di trasporto e per l'irrilevanza delle scorte, significava l'indigenza tragica per quanti vi risiedevano. In pratica i ritmi agricoli erano alla più completa mercé della natura e dei suoi capricci.[11]

È senza dubbio significativo che gli annali carolingi facciano più spesso riferimento alle stragi provocate dalle carestie, dalle epidemie e dalle epizoozie che dalle battaglie, ma è probabile che la loro ricorrenza e forse anche la loro intensità andarono progressivamente scemando nei successivi due secoli, consentendo perciò quel significativo incremento demografico registratosi a partire dal X secolo. Il che non ridusse la facilità di cadere nelle più tragica indigenza per un raccolto andato male, tant'è che schiere di affamati trovavano scampo tra l'XI ed il XII nei soccorsi elargiti dalle abbazie e dai conventi, dove l'elemosina, specialmente alimentare, assunse una connotazione quasi istituzionale e sistematica. Il celebre monastero di Cluny, ad esempio, ogni anno agli inizi della quaresima distribuiva ben 250 maiali macellati e conservati sotto sale fra circa 16.000 poveri.[12]

10 Cfr. T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale,* Torino 1968, pp. 71-74.

11 Cfr. M. BLOCH, *La società feudale,* Torino 1972, pp.90-106.
12 Cfr. R. FOLZ, A. GUILLOU, L. MUSSET, D. SOURDEL, *Origine e formazione dell'Europa medievale,* Bari 1975, pp. 624-36.

In alto a sinistra: *miniatura medievale con aratro a ruote.*
Sotto: *il trionfo della morte, XV sec.*

Le seminatrici automatiche

Tra le cause dello scarsissimo rendimento delle colture a grano un ruolo preminente lo aveva, oltre alla pessima aratura già ricordata, anche la rudimentale modalità di semina che, spargendo il seme con la rotazione dell'avambraccio, finiva per distribuirlo in modo non omogeneo sul terreno. La superficialità dei solchi e la voracità degli uccelli, infatti, decimavano immediatamente la semenza, che subiva un'ulteriore falcidia dall'insufficiente aerazione delle zolle. Dopo banali tentativi per ovviare a quel grave problema sul finire del '400 o agli inizi del '500 comparvero le prime seminatrici automatiche, che andavano a completare la modernizzazione introdotta dagli aratri a ruote, e tra esse la più efficace fu ritenuta quella di Giovanni Cavallina di Bologna, così descritta dal canonico Giovanni Battista Segni: "*Riesce meravigliosamente utile per lo piano lo strumento ritrovato già molt'anni da M. Giavanni Cavallina da Bologna, col quale piuttosto vien piantato il fromento; che seminato... È fatto come un forloncino* [vaglio] *da burattare la farina, sopra un carriolo semplice di due ruote, ed un timone: parte della cassa tiene il grano che si ha da seminare, parte è accomodata sotto il buratto, sbusata, e per ogni buco ha una canna di ferro verso la terra, che finisce però in taglio di coltello dalla parte dinanzi, tanto longo quanto basta a fare un solco nel quale subito cade per la canna il grano burattato, e si seppellisce tutto, che non va niente a male, e con un altro ferro in ultimo lo cuopre immediatamente tirandovi sopra quel terreno che si cavò facendo il solco, sicché non può esserne mangiato un sol grano dagli uccelli o da altri animali... Lascia poi certi spazi ed intervalli per li quali vanno a suo tempo li mietitori senza calpestare il frumento il vuol essere di non poco danno. La raccolta è più sicura, senza comparazione, poiché a questo modo nasce tutto il grano seminato, si radica e si nutre meglio.*"[13]

La scuola medica salernitana

In termini moderni si dovrebbe parlare di un ateneo medico, di un centro policlinico di eccellenza, di un santuario laico della medicina dove si andava per curarsi secondo le più avanzate nozioni scientifiche. Sappiamo, ad esempio, da una cronaca medievale redatta da Francesco di Ugone Flaviacense che: "*Adalberone era un uomo onesto et umile, ma oltremodo infermiccio, et soffriva tanta malsania di capo, che nello stesso anno (974) della sua assunzione al Vescovado si recò a Salerno per trovarvi*

13 Da G. B. SEGNI, *Discorsi sopra la carestia*, Ferrara 1591.

In alto a sinistra: *miniatura medievale raffigurante papa Urbano II che consacra l'altare del monastero di Cluny.*
A fianco: *seminatrice automatica della metà dell'800, non molto diversa dal modello medievale.*

guarigione, accompagnato da molti de' nostri. Ma avendo egli dimorato per alcun tempo in quella città, non potendo esser curato da' medici, ritornò in Italia...".[14] Alcuni decenni dopo, un altro cronista ci tramanda che Desiderio, già abate di Montecassino e poi pontefice col nome di Vittore III, prostrato da una grave debolezza per le sue continue penitenze, nel 1050 venne a Salerno, sua città natale, per sottoporsi alle cure dei rinomati medici della Scuola.

Stando alle scarne notizie disponibili, in sostanza leggende, la Scuola sembrerebbe di origine araba, notizia che contrasta con altre, più attendibili, che la danno già esistente in epoca romana, forse come semplice località curativa, ipotesi suffragata dall'ottimo clima e dalla fioritura in zona di vari collegi medici nella stessa epoca. La Scuola propriamente detta, invece, sarebbe stata fondata dai Benedettini di Monte Cassino, intorno al 694, quando nella città fu edificato un loro monastero, intorno al quale, in seguito e lentamente, si aggregò la scuola medica. Nonostante ciò la Scuola, sin dal suo avvio, ha una impronta decisamente laica, costituendo perciò una evidente continuazione della medicina greco-latina, ed in particolare ellenistica, con lo studio empirico delle cure fisiche e farmacologiche della malattia, piuttosto che delle credenze religiose.[15] Alla base delle terapie lo sfruttamento delle virtù terapeutiche delle erbe officinali, appositamente coltivate o raccolte dai monaci, e l'indicazione di un sano ed equilibrato regime alimentare ed esistenziale.

Dal punto di vista cronologico la Scuola conobbe tre grandi periodi: il primo dalla fondazione

14 Da E. V. FERRARIO, *Il più antico ateneo medico: la scuola salernitana*, in *Sapere*, n°626, anno XXVIII, febbraio 1962, pp. 78 e sgg.
15 Cfr. L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, rist. Milano 2003, pp. 169-194.

In alto: *raffigurazione di Desiderio abate di Cassino, futuro papa Vittore III, in una miniatura coeva.*
A fianco: *miniatura medievale raffigurante la Scuola Medica Salernitana dal Canone di Avicenna.*

a poco dopo il mille; il secondo fino al XIII secolo, ed è quello della sua massima rinomanza, ed il terzo fin quando fu chiusa con un decreto napoleonico nel 1811, essendo ormai un pallidissimo ricordo del passato. Il testo principale prodotto dalla Scuola fu il *regimen Sanitatis* o *Flos Madicinae Salerni* che le assicurò fama condivisa e ultrasecolare: basti pensare che se ne stamparono più di 300 edizioni, e fu tradotto dal latino originale in tutte le lingue, pervenendoci non solo come testo scientifico ma anche come composizione poetica medievale.

L'opera verosimilmente non fu il parto di un unico autore ma, piuttosto, risulta composta da una raccolta di scritti di epoche diverse e di maestri diversi e quella che si considera la sua redazione definitiva sarebbe attribuita all'ordinamento fattone da Arnoldo di Villanova, sul finire del XIII secolo. Per oltre quattro secoli, quei precetti restarono la base più che per curare la salute, per non perderla ed alcune prescrizioni conservano ancora oggi un'assoluta validità.

La distillazione: alcool e profumo

Le prime notizie su di un embrionale processo di distillazione risalgono al IV millennio a.C., quando forse era praticato dagli Egiziani, con rudimentali alambicchi, per produrre essenze profumate. Anche Plinio il Vecchio in qualche modo sembra farvi riferimento, sebbene non menzioni in alcun modo gli eventuali strumenti usati, limitandosi ad attribuirlo sempre alla produzione di profumi. Notizie di gran lunga meno incerte sono quelle del medico Dioscoride Pedanio (Cilicia 40circa -90 circa), vissuto a Roma dove esercitò la professione al tempo di Nerone, scrivendo un'opera di cinque libri *De Materia Medica*, in lingua greca *Perì ules iatrichès*, che restò un caposaldo della medicina almeno sino al 1600. Descrisse, infatti, un apparecchio per distillare da lui usato costituito da una sorta di 'vescica' munita di una testa superiore[16], tramite la quale i vapori entravano in un tubo refrigerante condensandosi: una sorta quindi d'alambicco, completo di serpentina, elemento basilare che, mancando sia in quelli antichi che nei medievali, ne rendeva modesto il funzionamento. Circa il

16 Cfr. A. MONDINI, *Storia della tecnica. Dalla Preistoria all'anno Mille*, Torino 1973, vol. I, pp. 375-78.

In alto: *una pagina dell'erbario Herbolaire custodito presso la Biblioteca Estense Universitaria di Modena che si rifà al similare di Dioscoride Pedanio della Scuola Medica Salernitana.*
Sotto: *raffigurazione del medico Dioscoride Pedanio in una miniatura coeva.*

processo di distillazione scrisse ancora che:"*Distillare è imitare il sole, che evapora le acque della terra e le rinvia in pioggia*". Plinio, nonostante la contemporaneità con Dioscoride e l'attenzione per ogni aspetto della scienza, non lo nomina nella sua opera, forse a giudizio di alcuni studiosi, perché il testo essendo privo di immagini risultava scarsamente comprensibile. Di certo l'esemplare custodito nella Biblioteca Nazionale di Napoli è riccamente illustrato, al pari dei migliori erbari dell'epoca, dettaglio che lascia supporre un intervento integrativo posteriore, verificatosi quasi certamente nell'ambito della Scuola medica di Salerno, rinomata anche per la produzione farmaceutica, presso la quale verosimilmente giunse intorno al mille.

Di distillazione si era occupata pure la Biblioteca di Alessandria, dove sembrerebbe che la celebre Ipazia intorno al 400 d.C. avesse realizzato una moderna apparecchiatura per la distillazione.[17] Di certo tutte le notizie in merito rimandano al Vicino Oriente, da dove qualche codice sull'argomento, insieme al trattato di Dioscoride, pervenne sulle navi della Repubblica ad Amalfi e da lì alla scuola di Salerno. Non è un caso, pertanto, che proprio in quella rinomata scuola compare, tra l'XI e il XII secolo, di nuovo l'alambicco ed il processo di distillazione che porterà alla preparazione dell'alcool, detto in seguito, dal catalano Arnoldo da Villanova (1235-1311) *aqua ardens* o *aqua vitae*. Dopo i primi esperimenti casuali si pervenne, infatti, prioritariamente proprio alla produzione dell'alcool avendo constatato che il suo svilupparsi, ovvero evaporare, avveniva prima di quello dell'acqua, per cui rientrava tra le sostanze più leggere dette anche *basso bollenti*, o *evaporazioni di testa*, seguite nel processo da quelle centrali, chiamate *cuore*, e quindi dalle ultime dette *code.*

Quando il processo fu messo a punto si scartarono la parte iniziale della testa, costituita per lo più da alcool metilico, etanolo, e la parte finale, concentrando la frazione residua della *testa* e del *cuore*, le più ricche di alcool etilico. Tra gli usi della nuova bevanda, che subito fu riconosciuta come fortemente inebriante, se ne ebbero sia come piroforo sia come eccipiente del profumo al posto del semplice olio di oliva. La soluzione si dimostrò straordinariamente indovinata, restando ancora oggi in uso nell'industria cosmetica.

La macchina per la guerra biologica

La endemica sottonutrizione di larghi strati sociali della popolazione medievale, unitamente alle pessime condizioni igieniche vigenti, rendeva le epidemie sempre incombenti, e spesso manifeste nelle loro terribili conseguenze anche per più anni di seguito. Si spiega forse così il formarsi della idea di utilizzare quelle morie ir-

17 Cfr. M. DI BRANCO, *L'affaire Ipazia*, in *ARCHEO* n° 304, giugno 2010, pp. 28 e sgg.

In alto: *raffigurazione di alambicco in un codice medievale.*
A fianco: *stampa ottocentesca raffigurante alchimisti medievali alle prese con un grosso alambicco.*

refrenabili come arma di distruzione di massa, specialmente quando le condizioni esistenziali già critiche normalmente lo fossero al massimo, come durante un lungo assedio, dando così l'avvio a quella che sarà definita *guerra biologica.*

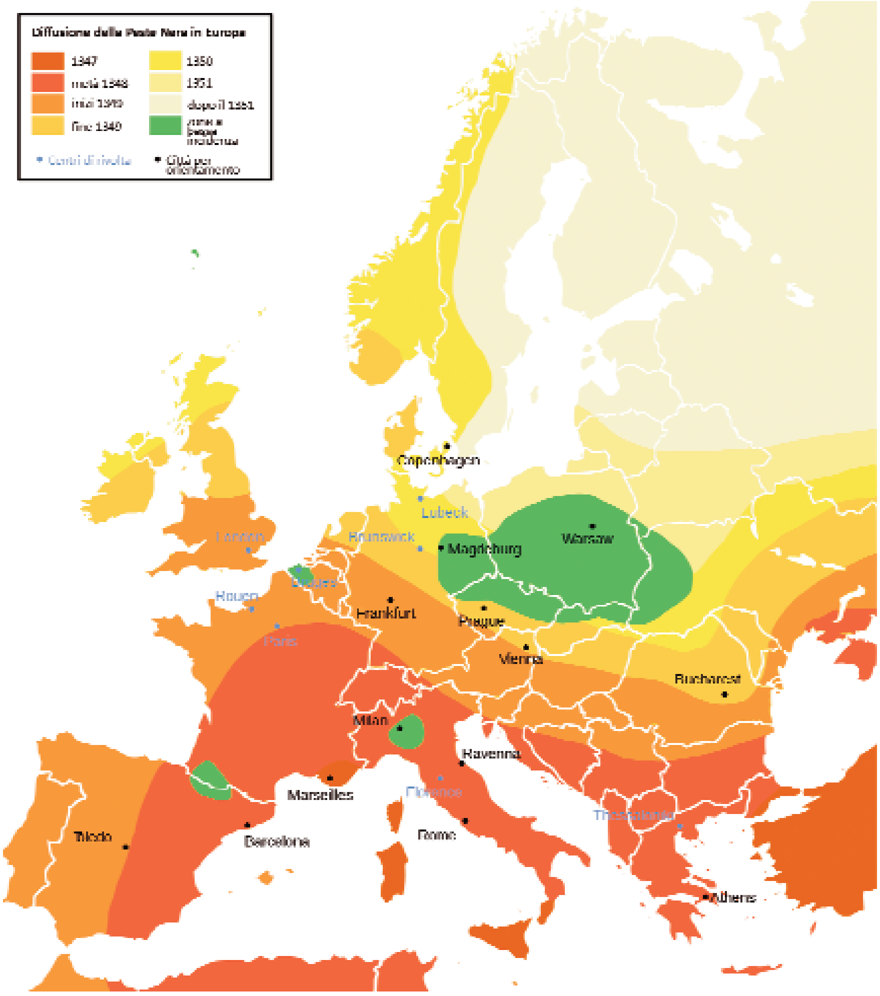
La guerra biologica, per grandi linee, è abbastanza nota, sin dalle sue più arcaiche estrinsecazioni. In estrema sintesi tende all'eliminazione l'avversario, o delle sue capacità combattive, contagiandolo con agenti patogeni, mortali o invalidanti.[18]

Difettando le adeguate conoscenze, la si perseguì inizialmente contaminando pozzi, cisterne e riserve alimentari con carogne di animali e con cadaveri in decomposizione. Forse fu un espediente per impedirne l'uso, essendo tali ammorbanti presenze repellenti alla vista ed all'olfatto. Quando però si ricorse a resti umani provocati da epidemie ad elevata infettività, la situazione cambiò radicalmente non perseguendosi più una finalità dissuasiva ma esplicitamente mortifera. Condizioni imprescindibili erano l'immunità al contagio degli esecutori e l'ambito d'impiego circoscritto da barriere naturali, non distinguendo le patologie gli amici dai nemici. Questa lapalissiana conclusione emarginò l'arma biologica, relegandola a rappresaglia per falliti assedi al momento di allontanarsi. Prassi comunque sterile e pericolosa: una pulce di ratto infetto, infiltratosi nei carri o nelle navi degli assedianti, bastava a sterminarli al pari degli assediati.

Lo scorrere dei secoli vide, di tanto in tanto, ricomparire l'arma biologica ma sempre con scarsi risultati tattici, eccezion fatta per un episodio dalle conseguenze talmente funeste da mietere, sia pure indirettamente, un numero di vittime di poco inferiore all'ultimo conflitto mondiale! E, dettaglio pressoché ignoto, precorse una peculiarità d'impiego cui tendono le più avanzate e segrete ricerche in materia: la letalità selettiva etnica. In altre parole lo sterminio epidemico di una razza, senza neppure il fastidio di appositi lager e relativi forni. Teatro di quel terrificante debutto la colonia genovese di Caffa, sul mar Nero, che, vanamente assediata dai Tartari di Gani Bek nel 1347, divenne così l'origine di propagazione della peste nera: città cavia che fu presto dimenticata, insistendo la sua notorietà storica sulla diffusione di una bevanda che da lei prese il nome: il caffè. Quanto alla peste, che il Boccaccio raccontò mirabilmente, nel biennio successivo dilagò nell'intera Europa, con oltre 25 milioni di vittime, senza contare i massacri degli ebrei reputati responsabili dell'epidemia. Ne restarono esenti, o

18 Cfr. F. RUSSO, *A colpi di peste*, in *MEDIOEVO*, n° 156, Gennaio 2010, pp. 76 e ssg.

In alto: *la fortezza Genovese di Caffa, sul Mar Nero.*
A fianco: *Carlo Bossoli, Le rovine delle fortezza Genovese di Sudak, litografia per Sua Maestà la Regina Vittoria, 1856.*



ed il lancio di proietto. Una macchina tanto rudimentale non forniva straordinarie prestazioni, per cui pur bastando appena tre uomini al maneggio delle più piccole, per le maggiori ne occorrevano diverse decine: le cronache locali, infatti, ne ricordano alcuni azionati persino da 250 uomini. È interessante osservare che una squadra di cento serventi, con uno strappo di soli 25 kg, era in grado di scagliare un proietto di un paio di quintali ad oltre un centinaio di metri, con una parabola molto arcuata: prestazione incommensurabilmente superiore a quelle delle coeve catapulte e persino delle rudimentali bocche da fuoco. In pratica si potevano martellare le case all'interno delle mura, effettuando un antesignano bombardamento, tecnica ossidionale appena

marginalmente coinvolte, le regioni già conquistate dai mongoli quali l'Ungheria e la Polonia.[19]

Al pari di tutte le analoghe tragedie belliche umane, anche in questa spicca il ruolo fatale svolto da un congegno, nella fattispecie il trabucco, vettore rivelatosi ottimale per la guerra biologica. Stando alle fonti accertate comparve in Asia fra il V ed il III secolo a.C., al tempo della dinastia Zhou. Per grandi linee somigliava ad uno *shaduf*: una lunga stanga in bilico asimmetricamente su di un palo, con alle estremità una fionda al posto dell'otre ed all'opposta, invece del contrappeso, tante funi. Il loro strappo simultaneo, eseguito da numerosi serventi, impartiva una fulminea rotazione della stanga che, a sua volta, determinava l'apertura automatica della fionda intorno ai 45°

anticipata dagli onagri romani. La grandezza del bersaglio compensava l'imprecisione del tiro, garantendo esiti se non devastanti sempre terrifici, specie quando conseguiti di notte. Forse furono proprio quei risultati a produrre il perfezionamento del trabucco, che abbandonò le funi di tiro sostituendole con un enorme contrappeso: un semplice comando sulla leva di sgancio bastava al lancio, che poteva perciò avvicendarsi con una serrata cadenza.[20]

19 AA.VV. *La Storia. Dalla crisi del trecento all'espansione europea*, Novara 2007, pp. 76-77.

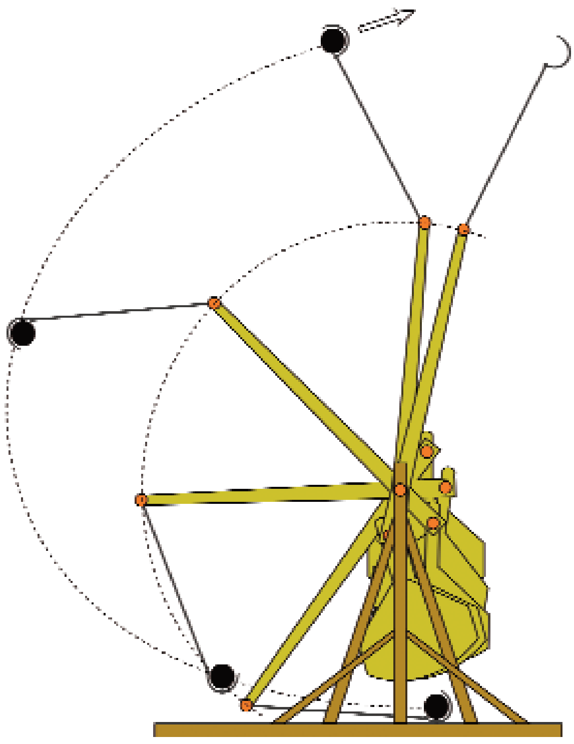
20 Cfr. F. RUSSO, *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica*, Roma 2002, pp. 281- 92.

In alto: *la diffusione cronologica della peste del 1347 in Europa.*
A fianco: *trabucco a strappo in una miniatura medievale: il servente appeso alla fionda, sganciandosi all'improvviso mentre i suoi colleghi tiravano le funi, ne incrementava la velocità.*

Sebbene quasi tutti gli studiosi concordino sull'origine cinese del trabucco e sulla sua derivazione dall'umile *shaduf*, per trovarne un'esplicita menzione nelle fonti locali, con il curioso nome di *huop'ao*, bisogna attendere il 1004 d.C. L'arma, ancora a strappo, raggiunse il Mediterraneo quando l'Impero romano d'occidente era ormai in piena dissoluzione, per cui saranno i Bizantini a studiarne le applicazioni militari, avendolo osservato in azione

Sopra, a sinistra: *piccoli trabucchi usati per scagliare teste nemiche all'interno del castello assediato durante una crociata, in una miniatura coeva.*
Sopra: *ricostruzione di trabucco a contrappeso.*
In basso: *veduta d'artista di battaglia medievale con impiego di trabucchi a contrappeso.*

in vari investimenti ossidionali condotti dalle orde mongole o dai Persiani. Forse furono proprio loro ad applicargli il contrappeso, forse ne modificarono



persino la fionda per adattarla al lancio di recipienti colmi di fuoco greco. Diversi autori sono portati a collocare la penetrazione del trabocco in Occidente al seguito delle armate musulmane; del resto per trovarne espliciti riscontri occorre attendere il XII secolo, per l'esattezza il 1147, durante l'assedio crociato di Lisbona, come tramanda un manoscritto. Un testo arabo, redatto in Siria sul finire di quello stesso secolo, accenna a delle varianti arabe, turche e franche del trabocco e ne descrive una in particolare, attribuendola ai Persiani, alquanto più complessa, la cui movimentazione dipendeva da un contrappeso. In Europa la si ritrova pochi anni dopo con il nome di *trabuchet*: significativamente le coeve fonti arabe chiamano quelle armi *magrini*, cioè occidentali, ed a volte franchi, suggerendone perciò un non meglio precisato ruolo cristiano nella sua ottimizzazione. Di certo fu studiando le sue oscillazioni di smorzamento dopo il lancio che si acquisirono le nozioni di base per la scoperta dell'isocronismo del pendolo.

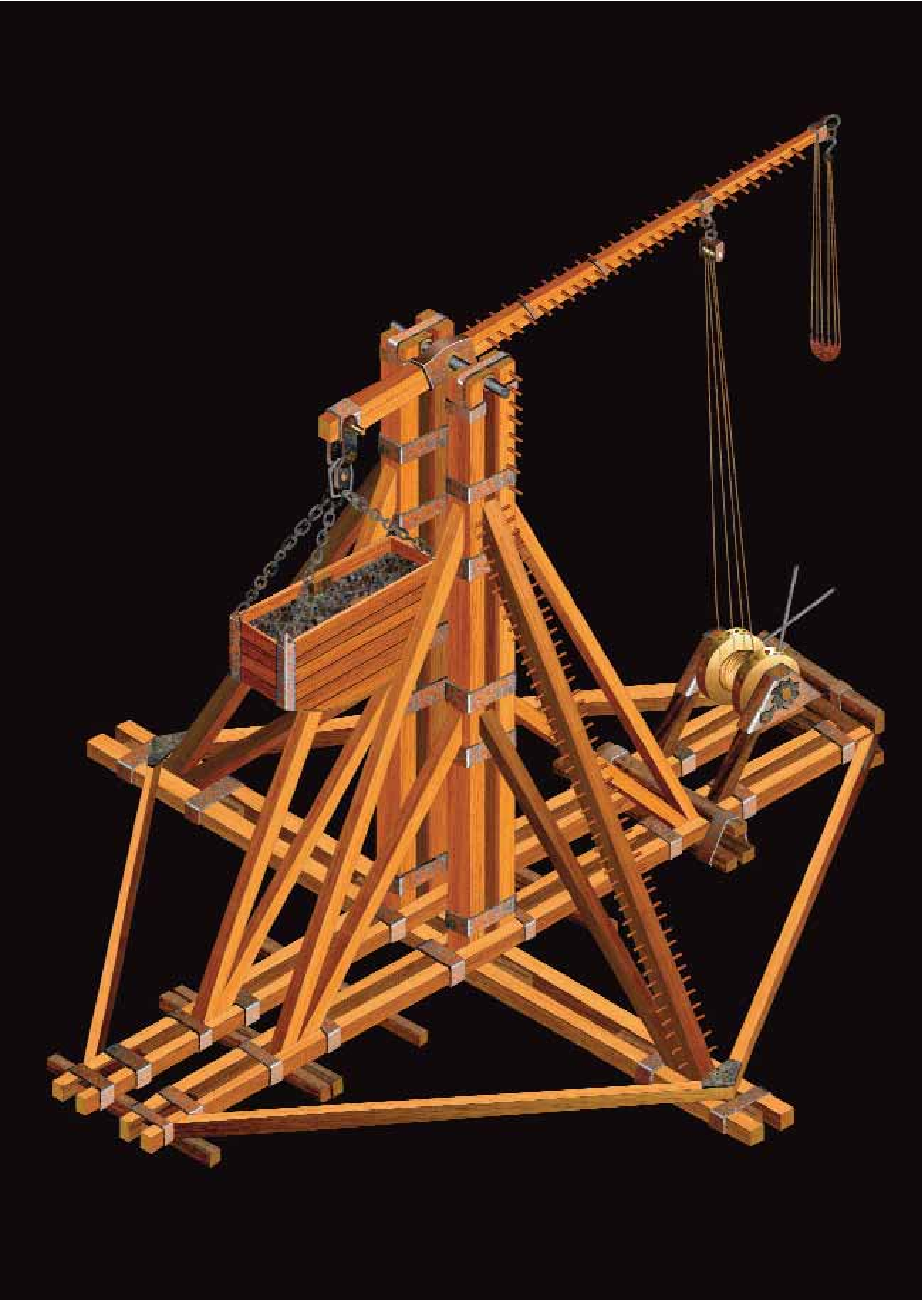
Concettualmente elementare il trabucco, o mangano, nei modelli più evoluti e potenti utilizzando la forza di gravità come energia propulsiva permetteva di battere bersagli con un angolo di caduta quasi verticale. I suoi proietti seguivano parabole con ordinate di oltre 50 m, altezza che nelle ricadute gli permetteva l'accumulo di energie cinetiche rilevanti. Poiché le fortificazioni e le abitazioni medievali avevano coperture di scarsa resistenza, valide per la pioggia o la neve, l'esito di tali impatti riusciva devastante, anche quando di tipo biologico. La popolazione, infatti, sottoposta ad un martellamento ininterrotto, protratto per settimane, con massi e cadaveri in putrefazione che piombavano nelle stesse case, giorno e notte, finiva preda di un isterico terrore che ne minava la determinazione difensiva. Quanto al lancio di quei macabri proietti, pur non essendo in assoluto una novità, risapendosi del tiro di teste recise già in età romana, proprio per la potenza del trabucco lo diveniva estendendosi agli interi cadaveri infetti in decomposizione.

Tanta potenza di lancio dei trabucchi derivava dall'enorme massa dei contrappesi, che non a caso risultano progressivamente incrementati fino ad alcune decine di tonnellate, e dal loro razionale ancoraggio al braccio, in modo da restare sempre orientati verso il basso. Al termine del caricamento, infatti, i contrappesi, costituiti per lo più da un cassone, di pietrisco issato con un grosso paranco, pendevano verticalmente da una cerniera, formando un angolo acuto con la trave. Durante la ricaduta, il cassone, oltre a ruotare intorno al perno centrale della stessa, ruotava intorno alla cerniera, mantenendo perciò costante la distanza del centro di applicazione da quello di rotazione. In tal modo riusciva a cedere interamente l'energia potenziale di cui disponeva, fornendo al proietto la massima accelerazione.[21]

Gli ingegneri medievali si erano presto accorti che, a parità di condizioni, le macchine a contrappeso incernierato avevano una gittata maggiore di quelle a contrappeso fisso. Si erano anche resi conto, come molte raffigurazioni confermano, che la fionda non andava vincolata direttamente al braccio, ma tramite una lunga corda, modifica introdotta sistematicamente dopo il XIII secolo. Grazie a tale accorgimento s'incrementava durante il lancio la lunghezza del braccio, impartendosi così una maggiore velocità iniziale al proietto. Lo spiegamento completo della corda, disposta in più volute alla base della macchina, avveniva perciò soltanto sul finire della rotazione del braccio, ed il trascinamento della fionda con il proietto iniziava quando il contrappeso era ormai quasi a terra, ovvero quando aveva raggiunto la sua massima velocità. La sollecitazione trasmessa

21 Cfr. P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente macchina da guerra del Medioevo*, in *LE SCIENZE*, n° 325, settembre 1995.

In alto, a sinistra: *schema di funzionamento del trabucco.*
Nella pagina a fianco: *ricostruzione virtuale di trabucco medievale a contrappeso.*



alla corda, perciò, era la massima e ne trasformava il moto in una violenta frustata, con una velocità periferica di gran lunga maggiore di quella dell'estremità dello stesso braccio. Occorreva però che la resistenza del proietto fosse trascurabile rispetto alla forza motrice, cioè che la sua massa fosse di gran lunga inferiore a quella del contrappeso, che per conseguenza crebbe a dismisura obbligando all'adozione di paranchi per il caricamento. Le simulazioni computerizzate hanno dimostrato che una macchina del genere riesce a cedere al proietto fino al 70% della propria energia, straordinario rendimento meccanico. La perdita residua deve attribuirsi all'oscillazione che compiva la trave, prima di fermarsi completamente dopo il lancio, apparente deficienza che eliminando però la reazione d'arresto con i salti e rinculi dell'intera macchina, come capitava con l'onagro romano, la preservava dalla rapida distruzione.

Della primitiva concezione del trabucco, a quel punto, restava la suddivisione della trave orizzontale in due bracci asimmetrici, di cui uno esteso e relativamente sottile alla cui estremità stava fissata l'imbracatura della fionda e l'altro corto e spesso terminante nella cerniera del contrappeso. Il caricamen to col paranco dell'arma avveniva portando il braccio lungo fin quasi al terreno, sollevando così quello corto col contrappeso alla massima altezza. Esaurita la manovra e bloccata in sicurezza la trave, si stendeva accuratamente la fionda con la corda in più volute, lungo un asse di legno ingrassato posto nel basamento della macchina. Posizionatovi al suo interno il proietto, di disparata foggia e natura, da mastodontiche palle di pietra ad interi fasci di cadaveri, rimosso l'arresto avveniva il lancio. Il contrappeso con un sinistro cigolio piombava verso terra, descrivendo un arco di cerchio che lo portava quasi a sfiorare la pista, dando origine per inerzia ad una serie di oscillazioni di smorzamento. Il braccio, invece, saettava verso l'alto trascinando la cor- da con la fionda che, distendendosi completamente per effetto della forza centrifuga, frustava l'aria con un sonoro schiocco. Questa, dopo aver percorso poco meno di 45°, si apriva consentendo al proietto di allontanarsi dalla macchina, proseguendo la sua corsa secondo una traiettoria fortemente parabolica: la dinamica era la stessa dell'antico onagro romano, ma in dimensioni colossali.[22] Puntuali ricostruzioni del trabucco hanno consentito prestazioni a dir poco stupefacenti: alcuni esemplari dotati di un contrappeso di circa 30 t sono riusciti a scagliare carcasse di utilitarie, di circa 5 q, alla distanza di alcune centinaia di m.

Sfruttando la loro potenza, le batterie di trabucchi che da mesi martellavano l'abitato di Caffa, visto irrimediabilmente frustrato l'assedio e imminente la ritirata, la preannunciarono con un serrato lancio di cadaveri di appestati. Sebbene fossero maneggiati senza alcuna precauzione, come innocuo letame, nessuno dei Tartari addetti alla ributtante operazione nei giorni successivi patì la minima conseguenza. Non così gli abitanti di Caffa, subito contagiati, e tutti gli altri che di lì a breve entrarono in contatto con gli equipaggi delle navi fuggite dal suo porto, da Messina a Marsiglia, da Pisa a Genova, trasformate rapidamente in altrettanti focolai d'irraggiamento. Quasi tutte le fonti disponibili concordano sulla strana e costante dieta alimentare seguita dai Mongoli, che non contemplava il pane, la verdura, i legumi e solo in ridottissima quantità la carne: alla base vi era, invece, il latte, per lo più di cavallo, con la farina di miglio, ed un gran numero di suoi derivati. Dal latte, infatti, era ricavato il burro, il *kumiz,* una bevanda alcolica fortemente calorica, lo *yogurt*, l'*airan,* una sorta di latte condensato ad altissima concentrazione energetica, ot-

22 Cfr. A. TOMEI, *La tecnica nel tardo impero romano: le macchine da guerra*, in *Dialoghi di archeologia*, n.s. 4, 1982, pp. 70 e sgg..

Sotto: *Gaetano Giulio Zumbo, (1656 – 1701), Cera della pestilenza, Firenze.*

tenuto per essiccazione e polverizzazione, ed ancora lattosio, sempre molto nutriente. Quanto alle vitamine, agli amidi ed ai sali minerali, li assumevano da quattro bulbi, pressoché ignoti in Europa ed abbondanti allo stato selvatico nelle pianure dell'Asia centrale: la cipolla, l'aglio, la carota e la rapa. L'insieme di quanto delineato costituiva un'alimentazione migliore di quella coeva mediterranea, favorendo l'instaurarsi di una sostanziale immunità ad un gran numero di malattie infettive, fra le quali per alcuni studiosi anche la peste. Il che potrebbe spiegare, unitamente alla motivazione religiosa, la loro indifferenza al contagio: la realtà, però, da recentissimi studi sembra ben diversa e proviene dalla genetica più avanzata.

Il gene CCR5 è una proteina presente sulla superficie dei linfociti, che non blocca però l'ingresso di alcuni agenti eziologici molto aggressivi come l'HIV e verosimilmente anche lo *Yersinia pestis*, causa della tristemente celebre peste nera. Grazie ad un particolare anticorpo, questa proteina si trasforma nella variante Δ-32 che invece impedisce ogni accesso rendendo impossibile l'aggancio tra virus e linfocita. Tale anticorpo non è omogeneamente ripartito nell'intera specie umana, ma ostenta una singolare distribuzione etnica, esito di un'ancora più singolare vicenda storica, che vale la pena sintetizzare. In origine la variante Δ-32 sembrerebbe essere peculiare delle popolazioni settentrionali europee ed asiatiche, ma del tutto assente nelle mediterranee. A parere d'alcuni studiosi, coincidendo il limite della presenza dell'anticorpo coi *limes* romani, l'inesistenza al loro interno ne sarebbe la conseguenza. In altre parole le legioni e i loro animali avrebbero provocato nell'Impero la scomparsa dei portatori del Δ-32, infettandoli con lievi malattie, per loro comunque fatali. All'esterno, invece, per le ricorrenti epidemie innescate dalle pessime condizioni igieniche dei barbari, il numero dei portatori si sarebbe vistosamente incrementato. Agli inizi del Medioevo, perciò, vi sarebbero stati due gruppi: quello ex romano, praticamente privo di difese immunitarie contro la peste e similari, e quello dei barbari, di ceppo nordico e asiatico, refrattario alle stesse. Le invasioni che funestarono l'Alto medioevo con devastazioni e stragi ebbero anche un ignoto corollario, di contaminazione e contagio epidemico che trovarono nelle agonizzanti città, ormai delle fetide discariche, il brodo di coltura ideale per estrinsecare tutta la loro terrificante letalità. L'entità di quella catastrofe biologica è testimoniata persino

Sopra: *maschio adulto di Oripsylla montana, conosciuto come Diamanus Montana. Negli Stati Uniti è un importante vettore della Yersinia pestis.*

da una traccia genetica: mentre altissima era la percentuale dei Mongoli portatori del Δ-32, per gli Occidentali prima del 1347 si è stimata pari a 0.5 su 10.000, ascesa due anni dopo al 10% per la selezione operata dal contagio. Di quella iniziale sperequazione sussiste ancora oggi una significativa differenziazione etnica: nella popolazione norvegese il Δ-32 è presente nel 13.7, nella russa 13.6, nella estona e lituana 13.3, polacca 13.3, slovacca 13.3, britannica 11.7, irlandese 11.3, germanica 10.8, cecoslovacca 10.2, spagnola 9.8, francese 8.9, austriaca 8.9, albanese 8.2, slovena 7.7, turca 6.3, italiana 5.5, greca 4.4, messicana 2.4, georgiana 0, araba 0, indio americana 0, coreana 0, cinese 0. La tabella riportata risente ovviamente delle grandi migrazioni e delle successive epidemie che hanno finito per alterare, più o meno sensibilmente, il quadro netto antecedente al 1347. Quasi superfluo aggiungere che i Tartari nulla sapevano dell'anticorpo in omozigosi Δ-32, ma sapevano, perfettamente, di essere quasi immuni al contagio a differenza delle loro vittime, per cui l'impiego dei cadaveri appestati lanciati su Caffa nel 1347, rientra a giusta ragione nel più avanzato ambito di guerra biologica, quella etnica.

Quanto al trabucco, convissuto per oltre due secoli con le artiglierie a polvere, solo agli inizi del XVI secolo fu giubilato, lasciando quali sue eredità la pacifica altalena ed il rivoluzionario orologio a pendolo: un gioco ed uno strumento scientifico.

Sopra: *Cristoforo Colombo sbarca nel Nuovo Mondo.*
Sotto: *statua di Amerigo Vespucci nella Galleria degli Uffizi a Firenze.*

Gli apporti botanici di una conquista

La proposta di Cristoforo Colombo[23] di raggiungere l'Oriente navigando verso Occidente giunse in un momento opportuno ai sovrani spagnoli, Ferdinando II d'Aragona ed Isabella I di Castiglia: la conclusione della *Reconquista* li aveva resi padroni della costa atlantica senza, però, consentirgli col periplo dell'Africa, interdetto dai Portoghesi, l'accesso ai ricchi mercati descritti da Marco Polo.[24]

Il progetto, tuttavia, supponeva una circonferenza terrestre notevolmente minore, per cui fu solo per la grandezza dell'America che la spedizione non finì in tragedia. Per l'esattezza Colombo non arrivò in America in quel viaggio ma nel terzo, né seppe mai che si trattava di un nuovo continente, tesi che prenderà piede a partire al 1507 ad opera di Amerigo Vespucci.[25] Nel frattempo si portarono in Europa le specie vegetali ed animali più strane rinvenute, quasi come conferma di quelle terre ignote, dando così l'avvio al trasferimento di colture che nei decenni successivi si sarebbero diffuse nell'intero antico continente, in maniera capillare e massiccia. Queste le principali novità botaniche introdotte dalla conquista delle Americhe.[26]

23 Cfr. L. STERPELLONE, *Cristoforo Colombo, check-up di una scoperta*, Roma 1992, pp. 33 e sgg..
24 Cfr. F. BRAUDEL, *Civiltà e imperi...*, cit., vol. II, pp. 05-711.
25 Cfr. A. SOLMI, *I conquistatori degli oceani dai Vichinghi a Colombo e Magellano*, Novara 1984, pp. 113-124.
26 Cfr. G. QUATTROCCHI, *Cristoforo Colombo. I prodotti del Nuovo Mondo*, Torino 1985, pp. 7 e sgg..

Il mais

Definito dagli Inglesi *wheat of turkey*, grano per i tacchini, finì per diventare *grano turco* e quindi *granturco*, inducendo perciò in errore circa la sua origine geografica: la pianta erbacea, che è uno dei più importanti cereali, proviene dal Centro America, da dove si era diffusa anche al Messico e Perù in epoca precolombiana. Costituiva una risorsa alimentare fondamentale per gli indigeni, che ne ricavavano un loro tipo di pane, nonché varie focacce addolcite col miele. In Europa il mais si diffuse con lentezza, ad eccezione che in Spagna dove lo si conobbe già nel 1493 al ritorno di Colombo, e se ne intraprese la coltivazione poco dopo. In Italia com-

Sopra: *Claude Bernou, carta dell'America settentrionale nel XVI-XVII secolo.*
Sotto: *un campo di mais.*

parve quasi contemporaneamente tant'è che lo si trova descritto in una relazione di un medico messinese, tal Nicolò Scillacio[27], già nel 1494.

La patata

Quando giunse in Europa, nessuno poteva lontanamente immaginare che in brevissimo tempo quel prezioso tubero avrebbe assunto un ruolo preminente nell'alimentazione europea. Originaria delle montagne andine, dove veniva coltivava nei vertiginosi terrazzamenti irrigui dagli indios, la patata costituiva uno dei capisaldi alimentari del Perù e del Cile. I *conquistadores* la trasportarono in Spagna verso il 1550, se non alcuni decenni prima, pervenendo quindi in Vaticano a Roma, da dove tramite alcuni ordini religiosi si diffuse in Italia e in Europa, che però stentò ad accettarla.In Italia, invece, grazie anche al sostegno di padre Giovan Battista Occhiolini, priore del conservatorio di San Giovanni in Laterano[28] trovò piena approvazione scientifica.

27 Cfr. N. SCILLACIO, *Sulle isole meridionali e del mare indico nuovamente trovate,* Pavia 1496.

In alto: *vari tipi di pannocchie di mais.*
Sotto: *diversi tipi di patate.*

Il cacao

Il cacao è una pianta tipicamente tropicale, e difficilmente cresce al di sopra del 20° parallelo, avendo bisogno di un clima caldo ed umido. All'arrivo di Colombo la pianta risultava già diffusa in varie regioni del continente: gli Aztechi la usavano come bevanda, sbattendone in acqua calda i semi, tostati e aromatizzati con spezie e vaniglia. Alta fra i 5 e gli 8 m, ha foglie perenni di forma ovale allun-

28 Cfr. G. B. OCCHIOLINI, *Memorie sopra il meraviglioso frutto americano chiamato volgarmente patata, ossia pomo di terra: con la descrizione della maniera di piantarlo, coltivarlo, del di lui vantaggio, del modo di ridurlo a farina, e a pane...,* Roma 1784.

Sotto: *una pianta di Theobroma cacao, con alcuni frutti.*

gata mentre i frutti sono delle bacche, simili a zucche, lunghe 15-20 cm, con un peso di 500-600 g, al cui interno si trovano una cinquantina di semi, disposti in cinque file longitudinali. Forse Colombo la portò in Spagna nel suo quarto viaggio, dove con l'aggiunta di zucchero divenne una bevanda tal-

mente apprezzata da farne mantenere segreta l'origine per quasi un secolo. Tra le sostanze contenute oltre ai grassi anche la caffeina e teobromina, che agiscono rispettivamente da eccitante ed euforizzante, la cui assunzione produce assuefazione. Scriveva, al riguardo, Francesco Carletti (1573-1602), il primo a circumnavigare la terra, che tale bevanda: " *una volta accostumatosi a essa diventa cosa viziosa e che con difficoltà si può poi lassare di berne ogni mattina o vero il giorno al tardi dopo pranzo. Perciò si porta accomodato nelle scattole, fatone pasta mescolata con spezie o fatto in panellini che messi nell'acqua subito si disfanno... e chi ne beve la mattina una delle dette ciotole (che loro dicono 'chicchere')... é cosa certa che per tutto quel giorno se la può passare senz'altro mantenimento...*".[29]

La vaniglia

La vaniglia è un'orchidea originaria del Messico e rientra fra le spezie ricercate da Colombo: vegeta nelle foreste tropicali calde e umide, dove forma delle vere liane, alte fino ad una decina di metri. Già

29 Cfr. F. CARLETTI, *Ragionamenti di Francesco Carletti fiorentino sopra le cose da lui vedute ne' suoi viaggi, sì dell' Indie Occidentali, e Orientali come d'altri paesi,* Firenze, 1701 a cura di J. Ciarlieri.

A fianco e sopra: il *Theobroma cacao in antichi erbari e sotto forma di chicchi pronti per la macinazione.*
Sotto*: una piantagione di vaniglia.*

gli Aztechi la utilizzavano per il suo intenso aroma, e dopo la conquista di Cortes si diffuse anche in Europa, rientrando nella produzione del cioccolato. A lungo si dimostrarono vani tutti i tentativi di coltivarla in altre località, e soltanto sul finire del XIX secolo la coltivazione attecchì nel Madagascar e più tardi anche in Indonesia.

Il pomodoro

È senza dubbio la pianta importata dal nuovo mondo che maggiormente ha influenzato la dieta italiana, tanto da divenirne quasi un riferimento per antonomasia, insieme agli spaghetti. Originaria del centro-sud America e della parte meridionale del Nord America, fu prima della scoperta di Colombo una componente essenziale della cucina atzeca. Forse fu per il suo colore brillante che si meritò il nome di *pomo d'oro*, o forse per i supposti poteri afrodisiaci quello di *pomme d'amour*: di certo dopo la fase iniziale i due termini si fusero in un unica parola, *pomodoro*. Si suppone che i primi esemplari giunsero in Europa verso la metà del '500, ad opera dei *conquistadores*, come mere curiosità botaniche,

A sinistra, dall'alto: *la Vanilla planifolia in una illustrazione tratta da un erbario; i frutti della stessa essiccati e pronti per la lavorazione.*
A destra, dall'alto: *la pianta di pomodoro, Solanum lycopersicum, in una illustrazione tratta da un erbario; un pomodoro visto dall'alto e sezionato.*

divenendo perciò piante ornamentali. In Italia è descritto nel 1554, ed il suo uso alimentare debuttò dapprima presso i contadini, quasi di nascosto, e solo in un secondo tempo sul finire del ’700 si diffuse, grazie al cuoco Francesco Leonardi, che in un suo libro si vantò di essere l’inventore della pasta col pomodoro.[30]

Il peperone

Il peperoncino rosso, così chiamato per il suo gusto piccante che ricorda quello del pepe, era noto in Messico sin dal quinto millennio a.C., ed era la spezie più usata nel Perù e nel Messico. Giunse in Europa con il primo viaggio di Colombo nel 1493, e subito venne diffuso dagli spagnoli, che si attendevano cospicui proventi dalla sua commercializzazione. La speranza andò delusa per la facilità della pianta ad adattarsi a qualsiasi clima, soprattutto in quello delle regioni meridionali dove divenne una sorta di spezie dei poveri.

30 Cfr. F. LEONARDI, *Apicio moderno, ossia l’arte di apprestare ogni sorta di vivande,* Roma 1790.

In alto: *i conquistadores in un’antica stampa.*
A fianco e sotto: *la pianta di peperone, Capsicum annuum, e dei peperoni e peperoncini.*

Il fagiolo

È una pianta della famiglia delle leguminose, anch'essa originaria dell'America centrale, da dove fu importata in Europa nel XVI secolo, andando a soppiantare la specie esistente già coltivata in età classica, detta volgarmente *fagiolo dell'occhio* per la macchia circolare nera intorno all'ilo. La ragione di tanto successo dipendeva dalla sua maggiore facilità di coltivazione e, soprattutto, dalla maggiore resa, pari quasi al doppio per ettaro. Innumerevoli le varietà selezionate, per la rilevante capacità della pianta ad incrociarsi. Grazie ai fagioli importati dal Nuovo Mondo, si sono sfamati gli strati più bassi della società, con eccellenti risultati, essendo la composizione chimica dei fagioli, per molti aspetti, simile a quella della carne, essendo ricchi di proteine, carboidrati e sali minerali.

L'arachide

È una pianta erbacea annuale, originaria del Sud America: la sua altezza non supera i 50 cm con foglie opposte e fiori papillonati di circa 4 cm. Esaurita l'impollinazione il frutto si trasforma in un baccello la cui lunghezza va dai 3 ai 7 cm, al cui interno vi sono 2 o 3 semi. La pianta nonostante la sua diffusione nel Nuovo Continente non ha rivelato nessuna specie allo stato selvatico, per cui si deve ritenere l'esito di un'ibridazione condotta in epoca precolombiana. A portarla nelle Molucche e nelle Filippine sembrerebbe essere stato Magellano tra il 1519 ed il 1521, da dove si sarebbe ulteriormente diffusa, tanto che, sul finire del '700, la si ritrova nell'intera Africa ed anche in Asia. Una così ampia presenza deriva dalla validità alimentare della pianta, nutriente come cibo e capace di produrre un ottimo olio per cucinare.

In alto: *pianta di fagioli, Phaseolus vulgaris.*
Sopra: *dei fagioli del tipo Phaseolus vulgaris.*

In alto: *pianta di arachidi, Arachis hypogaea.*
Sopra: *delle arachidi ed una aperta con i semi a vista.*

Il tabacco

Tabacco è il nome generico attribuito ad una pianta a foglia corta, originariamente diffusa nel Nord e Sud America. Già nel suo primo viaggio, Colombo seppe da alcuni suoi marinai che degli indigeni di San Salvador aspiravano il fumo prodotto dalla combustione di foglie secche tritate, avvolte in altre foglie secche arrotolate. Più tardi quello strano cartoccio vegetale si sarebbe denominato *sigaro*, mentre gli indigeni lo chiamavano *tabacos*, nome che gli spagnoli trasferirono alla pianta. Dal punto di vista storico tale impiego del tabacco risulta antichissimo, ritrovandosene raffigurazioni su oggetti dei Maya e degli Aztechi. Assunto in forti dosi il suo fumo provocava effetti allucinogeni, per cui trovava vasto uso da parte degli sciamani e forte opposizione da parte dei missionari, che portavano avanti l'evangelizzazione del Nuovo Mondo. Ovviamente anche gli spagnoli iniziarono a fumare il tabacco, mentre i semi della pianta vennero inviati all'imperatore Carlo V intorno al 1518 e portati da Jean Nicot, ambasciatore a Lisbona, nel 1560 a Caterina de' Medici per le supposte potenzialità terapeutiche. La produzione di tabacco a scopo terapeutico si avviò dapprima in Toscana, quindi in Umbria sul finire dello stesso XVI secolo, ed in Campania intorno agli anni venti del successivo. La fabbricazione dei sigari, invece, iniziò a Firenze nel 1820, e intorno al 1850 comparve pure la sigaretta, che nel giro di un decennio divenne di uso popolare.

A fianco, in alto: *illustrazione tratta da un antico erbario, relativa alla Nicotiana tabacum, più comunemente tabacco.*
A fianco, al centro: *delle foglie di tabacco messe ad essiccare.*
A fianco, in basso: *foglie di tabacco sminuzzate e ridotte a trinciato per sigarette e sigari.*
Sotto: *una piantagione di tabacco.*

La coca

È una pianta originaria delle regioni tropicali centro e nord-occidentali dell'America del Sud, per l'esattezza del versante orientale delle Ande. Dal punto di vista botanico è un piccolo albero di circa 4-5 m di altezza, con una capacità produttiva protratta per circa mezzo secolo. Per gli Incas era una pianta basilare, essendo connessa alla masticazione delle sue foglie una straordinaria sopportazione della fatica, della fame e persino della sete, uso che continua a mantenere presso le popolazioni del Sudamerica. La masticazione delle foglie di coca risulta antichissima rimontando, forse, addirittura ad un paio di millenni prima dell'arrivo di Colombo, e ha trovato di recente una nuova pessima derivazione: l'estrazione del principio attivo, ovvero la cocaina. La sua assunzione produce una sensazione di benessere e di euforia che, però, non solo determina presto una rigida assuefazione ma avvia anche un progressivo sfacelo fisico e psichico. Dal punto di vista chimico la cocaina è un alcaloide presente nelle foglie in media allo 0,8%, entità che per semplice masticazione ha una scarsissima assunzione. Considerata una sorta di medicinale, venne introdotta in Europa usandosi, infatti, sia come stimolante che come anestetizzante per la sua capacità di attutire, se non pure di sopprimere il dolore. Attualmente la si produce in grandi quantitativi in Colombia, Bolivia e Perù da parte di enormi organizzazioni criminali, con smercio in tutto il mondo.

La china

Se la coca ha avuto, soprattutto negli ultimi decenni, un impiego illegale, come potente stupefacente, la china, invece, fu ritenuta sin dalla sua scoperta una vera panacea. La pianta, di tipo arboreo, è originaria delle Ande, nativa dell'Amazzonia, con spiccate e peculiari proprietà farmacologiche attribuite agli alcaloidi presenti nella corteccia. Stando alla tradizione il nome le derivò dalla contessa di Chinon, moglie del viceré del Perù, che nel 1639 sperimentò su di sé le proprietà della china, guarendo dalla febbre malarica e dando così l'avvio all'importazione in Europa. Da un punto di vista storico tali proprietà risultano ignote agli Incas mentre si sa, invece, che sin dal 1630 i Gesuiti ne erano venuti a conoscenza, e forse furono proprio loro ad introdurre la china come medicinale in Europa, intorno al 1640. Per trovarne menzione nella letteratura medica europea, però, bisogna attendere il 1643, quando Hermann van der Heyden ne descrisse l'efficacia contro gli attacchi di febbre malarica. Nel 1661 Gaudezio Brunacio[31] pubblicò un libro sulle virtù terapeutiche

31 Cfr. G. BRUNACIO, *De cina cina seu pulvere ad febres*, Venezia 1661.

Sotto: *un'illustrazione tratta da un antico erbario, relativa ad una Cinchona officinalis, la pianta di china da cui si estrae, dagli inizi dell'800, il chinino.*
A fianco: *la Erythroxylum coca, più comunemente nota come pianta di coca.*

della corteccia di china, dando inizio al suo studio scientifico. Recepitone le proprietà contro la febbre e soprattutto contro la malaria, diffusissima in Europa, il suo uso nel ’700 e nell’800 divenne intensissimo, e crebbe ancora dopo il 1820 quando venne isolato il suo principio attivo, il chinino. Per secoli, quindi, il chinino è stato l’unico trattamento efficace contro la malaria, nonostante i suoi effetti collaterali.

Il caucciù

Stando alle relazioni fu subito dopo il loro arrivo ad Haiti che i marinai di Colombo osservarono gli indigeni giocare con strane palle che rimbalzavano prodigiosamente, fenomeno osservato e rilevato pure dagli esploratori spagnoli che seguirono quella prima impresa. Nel Perù quella che noi oggi definiamo elasticità, era considerata una sorta di proprietà magica a cui tra gli altri nomi davano anche quello di *cauchuc*. Il materiale con cui erano realizzate tali palle veniva estratto dal lattice di un albero, che colava da appositi tagli incisi nella corteccia: l’albero in seguito avrebbe avuto il nome di albero della *gomma*, nome dato anche allo stesso lattice. La pianta che ne produce in maggior quantità è la *Hevea Brasiliensis* originaria del bacino del Rio delle Amazzoni, ma che attualmente si coltiva in tutte le regioni sub-tropicali, coprendo così il 90% della produzione mondiale di gomma. Ogni pianta è in grado di produrre circa 3 kg di gomma essiccata all’anno, ma con periodi di produzione ad anni alterni: la produzione per ettaro raggiunge comunque i 5-600 kg, che possono con colture selezionate attestarsi persino a 2000 kg.

Nonostante le relazioni che evidenziavano tra gli impieghi della gomma, detta anche *para*, quella di scarpe impermeabili, nonché recipienti stagni ed infrangibili, occorsero quasi tre secoli prima che in Europa se ne facesse un uso appropriato seppure minimale: un piccolo sistema per cancellare la traccia lasciata dalla matita! E fu solo a partire dal 1825 che negli Stati Uniti si iniziarono a produrre scarpe di gomma, simili a quelle degli indigeni. Ma il vero boom dei consumi si ebbe dopo che C. Goodyear inventò il processo di vulcanizzazione che rendeva la gomma di gran lunga più dura, incrementandone gli impieghi, primo fra tutti a partire dalla fine di quel secolo, la costruzione di pneumatici per autoveicoli. La produzione, tuttavia, non restò confinata al Brasile poiché dal 1876 si avviò anche in India.

In alto, a sinistra: *il fusto essiccato della Cinchona officinalis, da cui si ricava il chinino.*
A destra, dall’alto: *la Hevea Brasiliensis, la pianta del caucciù; l’estrazione del lattice da un albero tropicale.*

De Arte Mercimoniae

Miniature con una scena di mercato, tratta da Le Chevalier errant (BNF Fr. 12559, fol. 167), 1400 ca.

Militaria mirabilia

Cifrari e chiavi

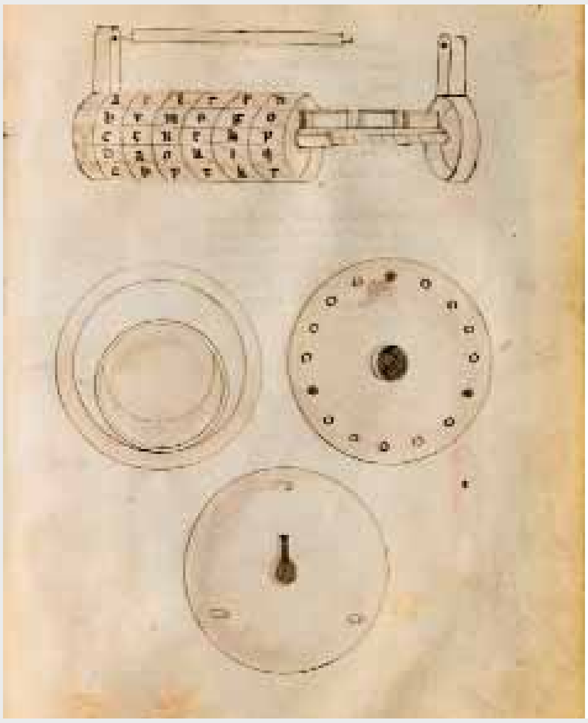
Io giudico, e a ragione, che questa sì fatta cifra sia cosa da Re, della quale senza aver ad aspettare un segretario che la decifri, esso Re possa con pochissima fatica e grande comodità servirsene.
... infatti é quasi come una chiave che apre l'accesso agli ambienti più riservati dei templi.
Io vorrei che questa mia operetta si conservasse appresso a degli amici miei, cioè non andasse in potere del popolo, né si pubblicasse questa invenzione degna veramente di un Re, coinvolto nelle massime azioni.

Leon Battista Alberti
De Componendis Cyfris, ≈ 1466

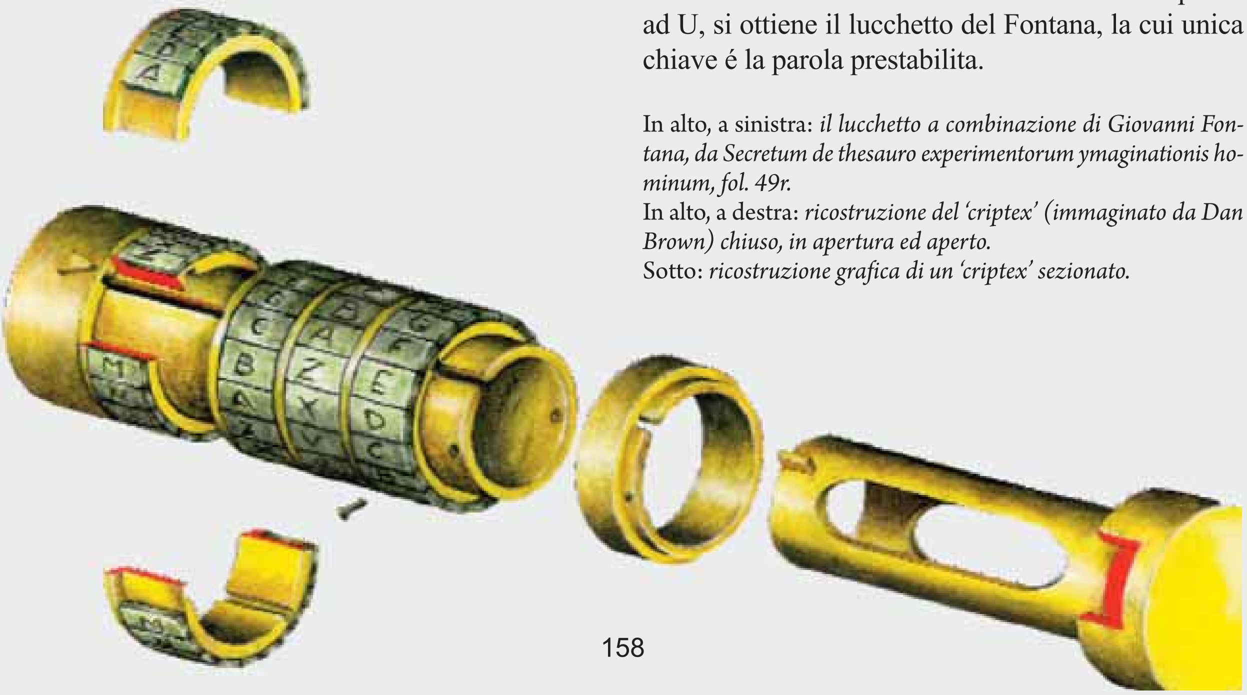
Trent'anni prima

Così scriveva alla metà del '400 Leon Battista Alberti, già celebre architetto, circa la sua invenzione del *disco cifrante*, impiegato in crittografia nei successivi cinque secoli, di cui equiparava le lettere-chiave a chiavi propriamente dette, permettendo le stesse l'accesso al contenuto segreto. Significativamente già nel 1430 il medico Giovanni Fontana (1395-?) si era occupato di crittografia, inventando una vera chiave, per meglio dire un lucchetto a cifra, archetipo delle serrature a combinazione alfanumerica e, più di recente in ambito informatico, delle sequenze d'accesso più note come *password*.
Ne *Il codice da Vinci* di Dan Brown, debutta il *criptex*, un piccolo cilindro cavo, dalla chiusura cifrata, attribuito a Leonardo, sebbene fra i suoi innumerevoli disegni, schizzi e bozzetti grafici non si scorga nulla del genere. Per inciso, va precisato che il nome *criptex* è un'etichetta arbitraria, dal greco *crypto, na-*

A fianco, in alto: *Leon Battista Alberti, presunto autoritratto su medaglia, Parigi, Cabinet des Medailles.*
A fianco: *schema del disco cifrante del Fontana (a sinistra), dell'Alberti (a destra) e modello adoperato durante la guerra civile americana (sotto, al centro).*



scondo, privo di qualsiasi riscontro fra le invenzioni, a differenza del *contenitore di sicurezza a minima capienza, con apertura a combinazione alfabetica.* Il congegno, infatti, comunque si chiamasse nel Medioevo, risulta già noto molto prima che Leonardo nascesse, soprattutto come lucchetto a combinazione alfabetica. L'ideatore, o forse il divulgatore, ne fu il ricordato Giovanni Fontana, che lo disegnò e descrisse nel suo *Secretum de thesauro experimentorum ymaginationis hominum*, composto intorno al 1430, insieme al disco cifrante, ripreso dall'Alberti. Unica differenza l'uso di sei anelli al posto dei cinque del Brown. Dal punto di vista funzionale consta di due tubi metallici concentrici, il primo tagliato per l'intera lunghezza da una stretta fessura, in cui scorre un dente del secondo, in fase d'estrazione. Sempre sul più grande stanno collocati, uno a fianco l'altro, gli anelli rotanti con incise le lettere. Girandone uno per volta, si allineano i sei simboli con un indice fisso, componendo così una parola, la chiave di sblocco. All'interno di ogni anello, infatti, in corrispondenza della lettera che compone la chiave, vi è un'incisione trasversale che allineandosi con quelle delle altre lettere consente al dente di scorrere facendo fuoriuscire il cilindro interno. Sostituendo al cilindro cavo un perno ad U, si ottiene il lucchetto del Fontana, la cui unica chiave é la parola prestabilita.



In alto, a sinistra: *il lucchetto a combinazione di Giovanni Fontana, da Secretum de thesauro experimentorum ymaginationis hominum, fol. 49r.*
In alto, a destra: *ricostruzione del 'criptex' (immaginato da Dan Brown) chiuso, in apertura ed aperto.*
Sotto: *ricostruzione grafica di un 'criptex' sezionato.*

Parte Quinta:
Commerci, mezzi di trasporto ed invenzioni

La frammentazione delle strade romane

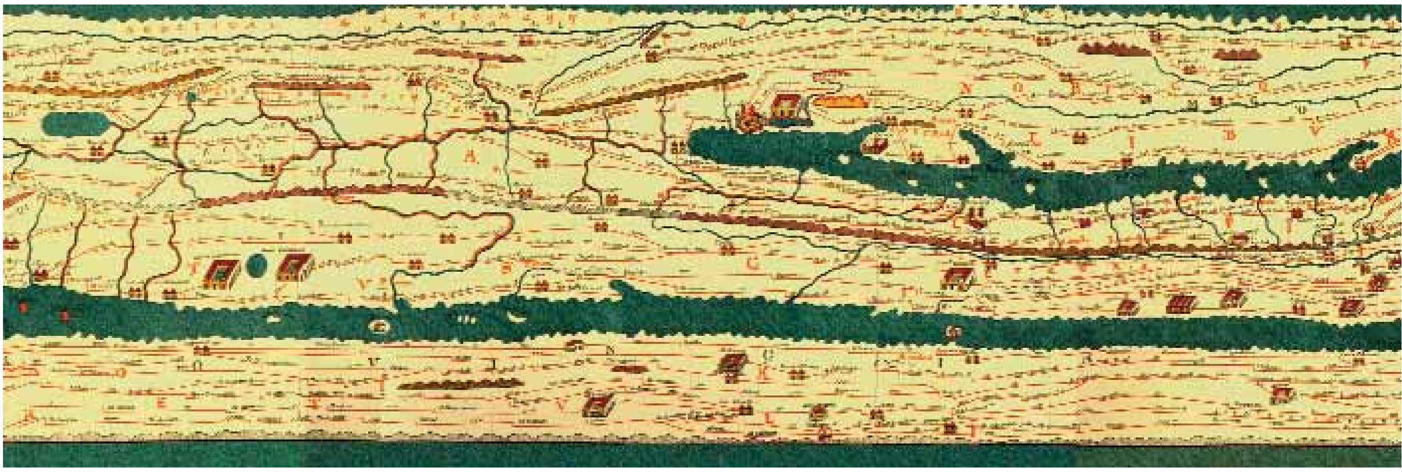
Fra le vittime del collasso dell'Impero romano vi fu la sua magnifica rete stradale, intesa come sistema privo di soluzioni di continuità.[1] Fu proprio quest'ultima caratteristica quella che svanì per prima, originando un'innumerevole compagine di segmenti viari. Le strade, del resto, già nei tribolati secoli del basso impero, erano viste più come potenziale minaccia che utile collegamento: su quelle, infatti, scendevano i barbari e si appostavano i predoni e i fuorilegge. Il viaggiare su carri, carrozze, e persino a cavallo, specie nel sud d'Italia resosi sempre più rischioso, cessò quasi del tutto intorno al IV secolo.[2] Quale fosse ormai il contesto vigente lo testimoniano indirettamente alcune misconosciute, e longeve, leggi dell'Imperatore Valentiniano (321-375)[3], tecnicamente definite *Prohibitio Usus Equorum*, volte ad estirpare le comitive di briganti a cavallo, che con veloci incursioni vessavano le masserie e le ville rurali più isolate, minando perciò la base della sussistenza.

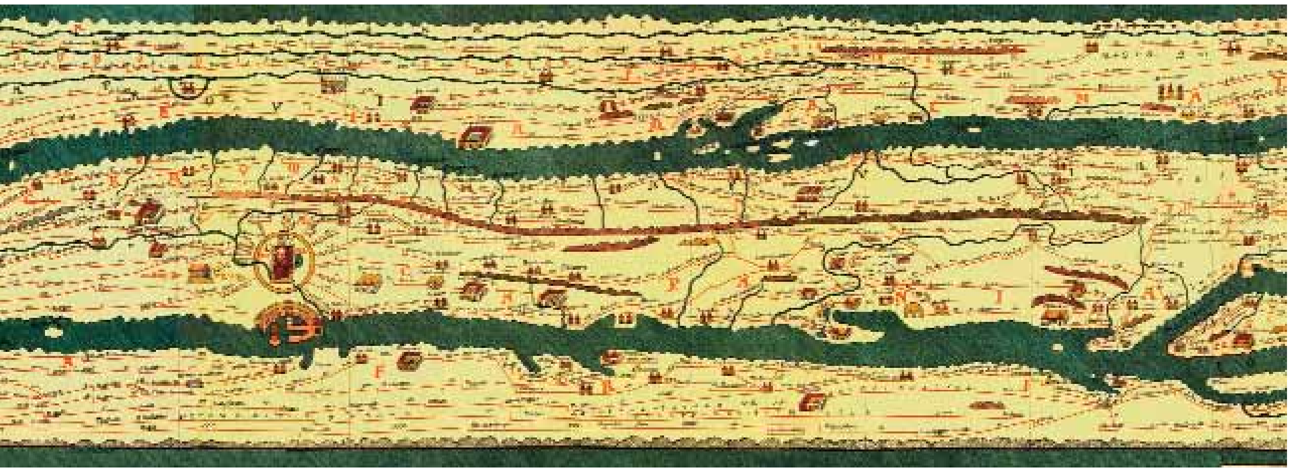
Essendo il fattor comune di quel delinquere la mobilità assicurata dai cavalli, se ne proibì qualsiasi impiego e per qualsiasi ragione con drastiche leggi: l'essere restate in vigore per due secoli e poi confluite nel Codice di Teodosio ne conferma la validità. Dal punto di vista storico, l'inizio della loro promulgazione avvenne all'indomani dell'ascesa al trono di Valentiniano, quando in poche settimane fece emanare una serie di norme specifiche, propriamente dette *costituzioni*, che proibivano l'impiego dei cavalli, il loro possesso e il loro allevamento. Un articolato dispositivo, dalla generica dizione di *usus equorum*, che metteva al bando, pena la morte, in buona parte del meridione d'Italia, quanto indispensabile per l'equitazione.[4] L'intero dispositivo, in pratica, fu promulgato fra il 364 ed il 365-367, con la

1 Cfr. M. BLOCH, *La società feudale*, Torino rist. 1975, pp. 78-82
2 Cfr. A. H. M. JONES, *Il tramonto del mondo antico*, Bari 1972, pp. 461-65.
3 Cfr. N. H. BAYNES, *La dinastia di Velentiniano e Teodosio il Grande, in Storia del Mondo Medievale,* Milano 1978, vol. I, pp. 211-45.

4 Cfr. F. M. DE ROBERTIS, *Prosperità e banditismo nella Puglia e nell'Italia Meridionale durante il Basso Impero*, in *Studi di Storia Pugliese in onore di G.Chiarelli*, Galatina 1972, vol. I, pp.203-04.

In alto: *Valentianiano in una illustrazione tratta da Le vive imagini di quasi tutti gl' Imperadori, di Hubertus Goltius, Anversa 1557.*
Nelle prossime pagine: *La Tabula Peutingeriana.*





Sebbene la finalità esplicita della legge non venga menzionata, non richiede eccessivi sforzi ravvisarla da quanto delineato. Per ribadirne la drastica applicazione, Valentiniano ne ripetè i caratteri distintivi, con la seconda costituzione del 5 ottobre dello stesso anno. Di essa, purtroppo, il testo originale è andato perduto per cui sappiamo, indirettamente, che elencava puntigliosamente le poche categorie esentate dall'obbligo. Seguì la terza, del 21 giugno 365, che, oltre a colmare le lacune interpretative della prima e la dissoluzione della seconda, ne riproponeva la prescrizioni. Così il testo:

"Avendo desiderato che tutte le regioni vicine alla città fossero liberate dai molteplici crimini e rapine degli abigeatari, la nostra intenzione contemplando ciò, stabilì che in quei luoghi fosse lecito l'uso del cavallo soltanto a coloro che per la carica o per la dignità risultassero immuni da ogni sospetto delinquenziale.

Ma in un secondo momento sancimmo che anche gli agenti dell'annona potessero usare i cavalli, e fossero però a conoscenza del rischio loro derivante da ciò, essendo ritenuti responsabili di qualsiasi delitto accada in quelle regione.

Ora poiché apprendiamo dagli stessi agenti che

pubblicazione delle norme particolari: di esse ce ne sono pervenute quattro, insieme alla memoria di una quinta, sempre però nella veste sintetica teodosiana. Va ribadito che non si trattò, come l'ampio arco di tempo lascerebbe credere, del riproporsi della stessa norma per la sua elusione, ma di una ponderata reiterazione per i positivi riscontri. Venendo al testo, come precisato, pervenutoci in sintesi, così recitava la prima costituzione della serie:

"Eccezion fatta per i senatori ed i nobili, come pure per i governatori provinciali, i veterani in servizio di milizia territoriale e i decurioni, ordiniamo che a tutti gli altri residenti nel Piceno, nella Flaminia ed ancora nella Puglia, Calabria, Abruzzo, Sannio e Lucania, sia proibito il possesso di uno o più cavalli. Chi ardisca infrangere, anche minimamente, tale disposizione sarà passibile di pena capitale."[5]

5 *Codex Theodosianus*, 9. 30. 1: "Exceptis senatoribus atque honoratis, sed et his, qui provincias adiministrant, veteranis etiam, qui sub armis militia functi sunt, et decurionibus ceteris omnibus per Picenum atque Flaminiam, nec non etiam Apuliam et Calabriam, Brittios et Lucaniam atque Samnium habendi equi vel equae copiam praeclusam esse sancimus. Ii vero, qui minime animos ab huius modi usurpatione deflectunt, abactorum supplicio teneantur."

In alto: *Antoon van Dyck, Sant'Ambrogio nega a Teodosio l'accesso alla chiesa, fine XVII sec..*

attendono ai loro compiti, che questa limitazione debba essere rimossa, la tua eccellenza così come fu data la facoltà dell'uso dei cavalli a quelli, sappia che nessun timore abbiano delle precedenti sanzioni nei luoghi bonificati, che né dagli abigeatari né da altri delitti sono contaminati."[6]

Dal documento ingiuntivo, destinato al prefetto pretorio dell'Italia, si traggono alquante deduzioni. In particolare, che il divieto non eccedeva la zona suburbicaria; che la esenzione a carico degli agenti dell'annona, in servizio nelle località infestate, ebbe luogo solo in un secondo momento, subordinandola per giunta ad una assunzione di responsabilità per gli eventuali crimini ivi commessi; che il successo delle misure adottate si confermò immediato e pieno, dal momento che nell'arco di circa un anno i vasti territori infestati si dichiaravano bonificati; che il dispositivo non decadde con il conseguimento dell'obiettivo, ma fu semplicemente attenuato con il ristabilimento della normalità, allargando ad altre professioni il beneficio della cavalcatura e ribadendone il divieto per i pastori anche nella promulgazione di Onorio (324-423) del 399 in questi termini:

"Ordiniamo che i pastori della provincia della Valeria o Piceno non utilizzino cavalli. Qualora venga eluso il divieto, riterremo responsabili e quindi passibili di pena anche i proprietari ed i procuratori dai quali dipendono i pastori."[7]

Onde evitare qualsiasi equivoco l'ultima costituzione ribadiva il divieto anche del solo possesso di cavalli, in questi termini:

"Affinché tutti i tentativi già debilitati dei ladroni abbiano completamente fine, ai pastori delle nostre fattorie, cioè ai custodi delle pecore, nonché ai pro-

6 *Codex Theodosianus*, 9. 30. 3: "Cum omnifariam urbicarias regiones ah omni crimine et adsiduis abactorum rapinis quietas esse cuperemus, eo usque intentio nostra prospexit, ut istis in locis equo vehi his tantummodo liceret, quos ah huius modi sceleris suspicione locus aut dignitas vindicavit. Sed postea sanximus ut suarii equis quindem uterentur, verum ad periculum suum pertinere cognoscerent, si quid in his regionibus sceleris esset admissum. Nunc quia advertimus a suariis, qui propriis officiis occupantur, hanc nccessitatem alienam esse debere, excellentia tua ita his sedendorum equorum potestatem datam esse cognoscat ut nullo prioris sanctionis timore teneantur per ea sane loca, quae neque abactoribus neque aliis criminationihus infamata sunt."

In alto: *testa di Onorio, Roma, Musei Capitolini.*

7 *Codex Theodosianus*, 9. 30. 5:"Pastores Valeriae provinciae vel Piceno uti equinis animalibus non iubcmus. Alioquin, si interdictus usus animalium vindicetur, conscios usurpationis huius seu dominos vel procuratores relegationis poena retinebit."

Sopra: *Ambrogio Lorenzetti, L'impatto del buon governo nel paese, ciclo di affreschi nella Sala Consiliare del Palazzo Pubblico di Siena. Da notare l'importanza del cavallo nella vita quotidiana.* Sotto: *il sacco di Roma ad opera dei Visigoti, 24 agosto del 410, in un quadro di J. N. Sylvestre del 1890.*

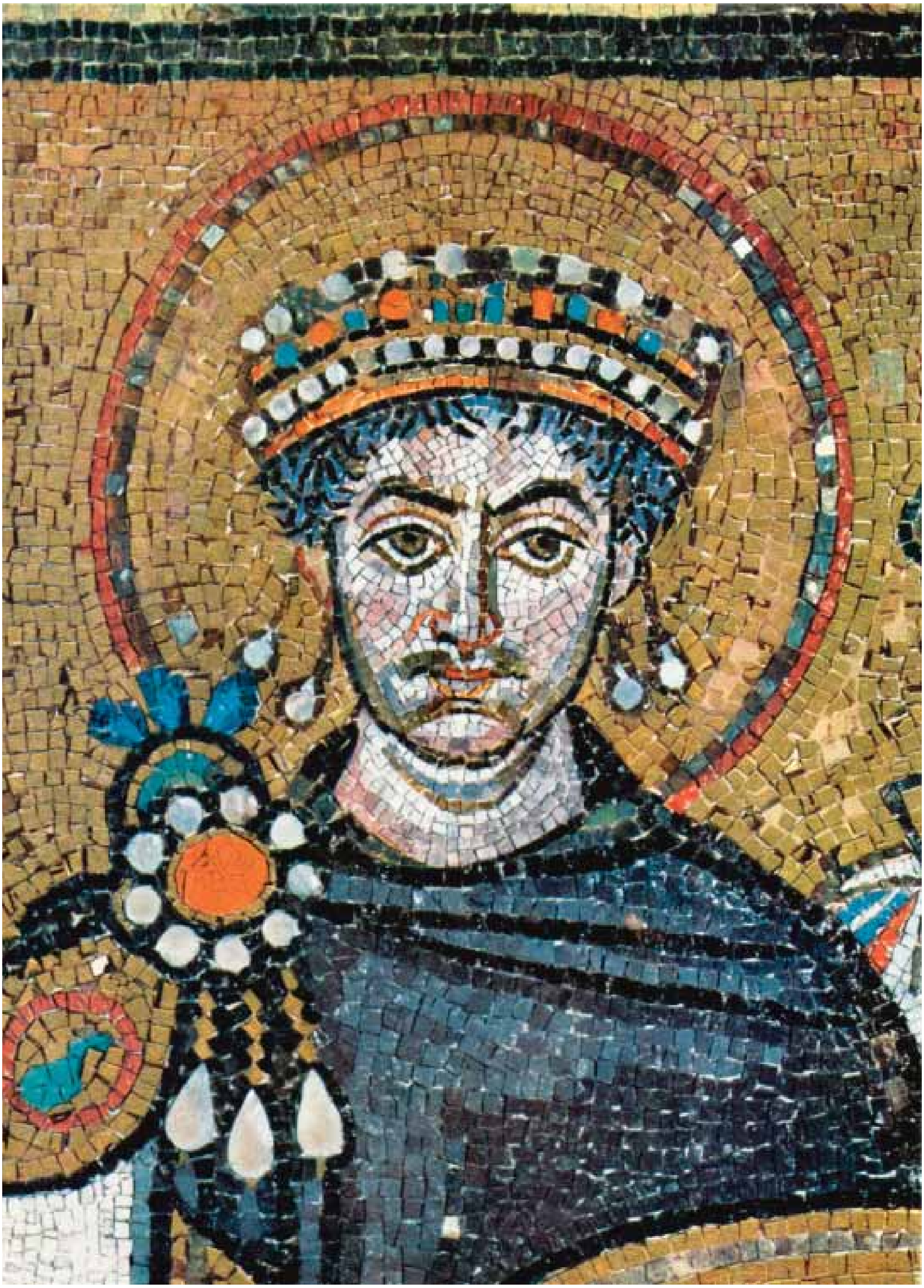
curatori ed ai factotum dei senatori interdiciamo la facoltà di possedere bestiame equino; sotto questo divieto quelli che tenteranno di violare le disposizioni della nostra mansuetudine siano costretti a subire le pene spettanti agli abigeatari.''[8]

La grave limitazione, contrariamente a quanto si possa credere, produsse scarsi danni ai coltivatori e meno ancora agli allevatori, poiché i primi tradizionalmente si avvalevavano di buoi piuttosto che di cavalli, mentre i secondi li allevano solo per le forniture militari, che verosimilmente restarono immutate. Grave, invece, il danno inferto alle bande per ovvie ragioni, il che spiega il permanere quasi immutato delle norme dal 364 al 534, fino al Codice di Giustiniano, che non le riconfermò probabilmente per essere ormai scomparsa l'esigenza, o forse il benessere economico per le devastazioni dei Vandali e dei Goti.

I carri da trasporto medievali

Il disgregarsi della rete stradale provocò una netta riduzione dei veicoli a ruote usati per i trasporti di merci e di persone. I carriaggi a due assi, poi, scomparvero del tutto e l'interporsi, anche su percorsi relativamente brevi, di barriere per l'esazione dei pedaggi, aggravò ulteriormente il settore. Soltanto le figure politiche preminenti e, da un certo momento in poi, soltanto i sovrani merovingi ed i più

8 *Codex Theodosianus*, 9. 30. 2: "Ut omnes latronum conatus debilitati conquiescant, pastoribus rei nostrae, id est lanigerarum ovium pecundumque custodibus, nec non etiam procuratoribus et actoribus senatorum habendi equini pecoris licentiam denegamus, sub hac videlicet interminatione, ut ii qui nostrae mansuetudinis statuta temptaverint violare, abactorum supplicia tolerare cogantur."



Basilica di San Vitale a Ravenna, l'Imperatore Giustiniano I. Dettaglio della decorazione a mosaico bizantina, compiuta entro il 547.

alla stanga del timone.

Con il vistoso miglioramento delle condizioni esistenziali avviatosi a partire dall'XI secolo, anche le esigenze dei carriaggi aumentano, come pure delle carrozze per viaggi via via più lunghi e frequenti. Il che determinò una ripresa della manutenzione delle strade e, spesso, dell'apertura di nuovi segmenti. Nei paesi anglosassoni si giunse a regolamentare il traffico, la dimensione trasversale delle strade e persino le precedenze da rispettare. In altre normative tedesche si entra nello specifico degli incidenti meccanici, e si tenta di restituire sicurezza ai viaggiatori disboscando i lati delle strade, per circa una sessantina di metri. Compaiono pure delle importanti modifiche alle ruote, facendo loro assumere la forma campanata, che ne incrementava la stabilità riducendo le sollecitazioni sugli assi. Anche in Italia si diffondono, ma a partire dal XIV secolo, le vetture a cassone sospeso, su cinghie o catene.

alti notabili si serviranno di rozze carrette trainate da buoi. Sappiamo così dalla *Vita di Carlo Magno*, che re Chilperico, intorno al 570, si spostava su un *carpentum*, sempre tirato da buoi; più tardi Carlo Magno viaggerà su una vettura a cassone sospeso, forse analoga alla *carruca dormitoria* romana già munita di sospensioni elastiche.[9]

Una significativa novità, che deve probabilmente mettersi in relazione con i minori carichi trasportati, per le strade più scabre e con curve più strette, è il recupero dai vecchi carri celtici con l'avantreno girevole. A testimoniarne l'avvento, le ruote anteriori più piccole, come nelle botticelle romane, e la maggior distanza dalla cassetta degli animali aggiogati

9 Cfr. G. PISANI SARTORIO, *Mezzi di trasporto e traffico*, Roma 1988.

In alto: *il carro di Oseberg, rivenuto in un tumulo funerario, nei pressi di una nave vichinga, nella fattoriaTønsberg, nella contea di Vestfold, in Norvegia. Databile al IX sec. appartiene al genere dei carri da cerimonia. Si caratterizza per avere l'avantreno sterzante.* Sotto: *Illustrazione tratta dal fol. 143v. del De casibus (BNF Fr. 226), XV sec..*

Le carrozze in genere si differenziano a seconda delle classi sociali di destinazione: i contadini e i poveri viaggiano, quando possono, su semplici carri agricoli, per lo più a due assi, trainati da buoi e coperti nella migliore delle ipotesi da una stuoia. La nobiltà invece usa vetture a due assi, spesso con avantreno girevole, trainate da più cavalli aggiogati a volte in linea ed ai lati del timone. Non di rado i cavalli sono quattro, e consentono velocità alquanto maggiori: se vengono attaccati al carro uno dietro l'altro si dice a stanghe o di rolata, se affiancati invece si dice pariglia, triglia o quadriglia. Resta, in ogni caso, un incedere disagevole e lento[10], tant'è che mentre un uomo a cavallo riesce a percorrere fino ad 80 km al giorno, una carrozza, nelle condizioni ottimali di viabilità, non supera mai i 30 km.

Dal punto di vista strettamente meccanico, il cavallo, per la potenza che era in grado di erogare, sostituì progressivamente il bue, per cui abbondano le allusioni ad aratri tirati da cavalli. Certamente il cavallo costava più del bue ma riusciva a compiere un maggior lavoro in minor tempo, dimostrandosi per-

10 Cfr. P. BREZZI, *La civiltà del Medioevo europeo*, Roma 1978, vol. I, pp. 456-61.

ciò di gran lunga più remunerativo: calcolo che testimonia l'ottimizzarsi del rapporto energetico costo/beneficio.[11] Eccezion fatta per i casi limite, con velocità su pista dell'ordine della sessantina di km/h, un cavallo da sella è in grado di coprire, abitualmente, 100 m al passo in un minuto, 200 m al trotto e 350 al galoppo, con un carico di poco meno di 1 q, percorrendo al massimo in una giornata 40 km in circa 5 ore. Se da tiro, vincolato ad un carro pesante circa 5 q riesce ancora a mantenere in media una velocità di circa 8-12 km/h, mentre se costretto ad un carro pesante circa 3-5 q con un carico compreso tra 10 ed i 15 q riesce ad avanzare alla media di circa 3 km/h per circa 9 ore. Qualora si tratti del basto, con un carico morto di circa 40 kg ed un carico utile di poco meno di 1 q, se di taglia e robustezza adeguata riesce a percorrere tra i 20-25 km al giorno, per non più di 7-8 ore. Quanto alla condizione fisiologica per le prestazioni ottimali, si ritiene che venga fornita fra i 3 ed i 5 anni con una persistenza sostanzialmente invariata fino ai 15.

A consentire i risultati appena ricordati, tuttavia, concorrono in maniera assolutamente determinante tre invenzioni escogitate nel Medioevo ed applicate ai cavalli: l'attacco di spalla, la ferratura degli zoccoli e la staffa. La ferratura ebbe un corrispettivo anche per i buoi, che al posto dell'attacco di spalla ebbero il giogo di fronte. I ferri, in entrambi i casi, facilitano l'avanzamento dell'animale, proteggendone gli zoccoli; l'attacco, applicato alle spalle o il giogo frontale, invece, permettono un più corretto sfruttamento della loro forza. Quanto alla staffa, se non fu alla base della cavalleria, come spesso sostenuto, la rese per

11 Cfr. J.LE GOFF, *La civiltà dell'Occidente medievale,* Milano 1981, pp. 231-35.

In alto: *illustrazione tratta da The Romance of Alexander, Oxford, Bodleian Library, Ms. 264, 1338-1344, fol. 83v.*
A fianco: *antico carro per trasporti pesanti.*

lo meno più efficace, incrementando la stabilità sulla sella e la forza d'urto complessiva.

Collare di spalla

L'attacco di spalla, apparso intorno all'VIII-IX secolo probabilmente in Asia, si diffuse in Occidente specialmente nell'XI-XII secolo, permettendo tra l'altro di utilizzare i cavalli al posto dei buoi, con vistosi incrementi di rendimento. Andava a sostituire l'attacco alla romana, o collare di gola derivato dal giogo dei buoi, che trasferiva la resistenza alla trazione sulla gola del cavallo, col risultato che al crescere della prima, vuoi per un carico eccessivo vuoi per un aumento della pendenza, diminuiva la forza del secondo per insufficienza respiratoria. Per quanto paradossale, questo fu uno dei motivi principali per cui le strade romane ebbero una pendenza modestissima, soluzione incomparabilmente più complessa dell'invenzione dell'attacco di spalla![12]

Tra gli ulteriori difetti del collare di gola vi era quello di impedire la moltiplicazione dello sforzo di trazione impiegando più cavalli al traino d'un unico veicolo. Solo l'attacco di spalla, infatti, consente di aggiogare diversi cavalli l'uno dietro l'altro, sfruttando al massimo la potenza che nel caso di tre giunge fino al 95% mentre per cinque resta ancora al 70%. Con il collare di gola, invece, si dovevano schierare i cavalli affiancati, tipica la quadriga, dove però lo sfruttamento dell'energia erogata è talmente scarso che, superati i due cavalli, non cambia gran che la prestazione.

Dal punto di vista storico, l'aggiogamento equino col collare di gola è rimasto senza alternative per l'intera antichità classica, iniziando a scomparire soltanto dopo il X secolo. In questo periodo compaiono pure le prime raffigurazioni che confermano l'avvenuta sostituzione con il collare di spalla, lo stesso tuttora impiegato. L'invenzione, in prima impressione modesta, ha prodotto, in realtà, una vera rivoluzione nei trasporti e nei lavori agricoli, fornendo energie motrici in passato inconcepibili. E, finalmente ha permesso di sostituire il motore umano nei compiti più gravosi, contribuendo al declino del-

12 Cfr. B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985, pp. 290-91.

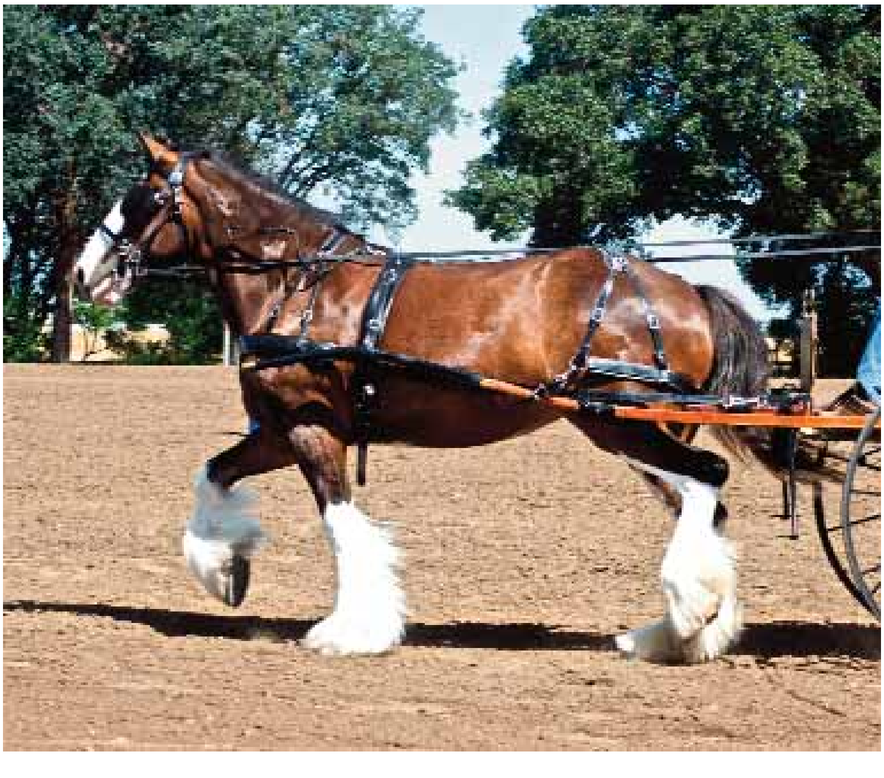
A fianco: *miniature tedesche del XV sec. raffiguranti l'utilizzo del cavallo per lavoro e per trasporto, con collare di spalla e di gola.*
Nella pagina a fianco: *miniature tedesche del XV sec. raffiguranti sellai intenti alla rifinitura di collari di gola.*
Nella pagina a fianco, in basso: *Villa del Casale, Piazza Armerina (Enna), mosaico raffigurante una quadriga. III-IV sec. d.C..*

La ferratura dei cavalli

Stabilire con sufficiente precisione l'epoca dell'introduzione della ferratura degli zoccoli dei cavalli è un problema in pratica irrisolvibile, almeno per le attuali conoscenze. Di sicuro non avvenne nei paesi dal clima secco ed asciutto, essendo il loro terreno solido e compatto, tant'è che ancora oggi, nel Nordafrica gli animali impiegati in agricoltura non vengono ferrati. Discorso completamente diverso laddove esistano strade basolate e clima umido, per cui l'avanzamento dei cavalli deve contrastare la scarsa aderenza degli zoccoli sulla pietra e la pesantezza del terreno bagnato. Presso i Greci, nonostante la loro passione per le corse con i cavalli e il loro impiego in guerra, non sembra esistere alcuna pratica del genere. Anche presso i Romani la ferratura degli zoccoli sembra, se non del tutto ignorata, scarsamente adottata, tanto più che non usarono la cavalleria come arma autonoma, ma solo come fanteria montata, irrilevanza a cui contribuiva pure la mancanza della staffa.

Dalle fonti, tuttavia, si percepisce una costante attenzione alla condizione degli zoccoli dei cavalli, ritenuti fondamentali per il benessere dell'animale e per il suo corretto impiego. Non mancavano di adottare, in casi di emergenza, rimedi temporanei di cura, quali ad esempio degli stivaletti in pelle, in grado di contenere impiastri medicamentosi, e forse anche dei veri sandali dalla suola di ferro, fatti cal-

la schiavitù. È interessante ricordare che nel *De cursu publico* del Codice Teodosiano, da intendersi come il regolamento di base delle poste e dei corrieri imperiali, pubblicato nel V secolo a Bisanzio, ma impiegato anche in Occidente, si stabiliva il carico limite per le vetture, pari a 200 libbre per la *birota*, 300 per la *vereda* -carro veloce-, 600 libbre per il *currus*, 1.000 per la *reda* -vettura di media velocità- e infine 1.500 libbre per l'*angaria* e la *clabula*, carri da trasporto pesante.[13] Ovvio concludere che anche quest'ultimi non superavano un carico utile massimo di 5 q, portate massime tollerate confermate pienamente dai vari test di archeologia sperimentale, riprova della corretta conoscenza dei tecnici imperiali. Con l'attacco di spalla, dal tiro dei cavalli si ricavano rendimenti superiori, dalle quattro alle cento volte quelli delle norme imperiali: utilizzando da uno a sei cavalli è possibile trainare carichi utili che vanno da un minimo di 60 ad un massimo di 150 q.



13 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica. Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento*, Torino 1974, vol. II, pp. 119-23.

In alto: *attacchi di gola per cavalli o buoi.*
A fianco: *cavallo con moderno attacco di spalla e ferratura.*

zare secondo alcuni studiosi nelle lunghe marce di trasferimento, per proteggere gli zoccoli dall'eccessiva usura.[14]

L'*ipposandalo* è l'unica testimonianza del genere, archeologicamente confermata per i numerosi reperti rinvenuti. In linea di massima consisteva in una piastra di ferro, dai bordi rialzati e muniti di anelli anteriori e ganci posteriori, destinati alle cinghie di fissaggio allo zoccolo. Non si conosce esattamente quale ne fosse l'uso, ma è fuori discussione che fungesse da antesignano del ferro, poiché un cavallo così calzato non era in grado di marciare a lungo e meno che mai poteva avanzare con andature veloci. Ma proprio da queste ultime osservazioni si può dedurre uno specifico impiego bellico per l'ipposandalo. La piastra, infatti, a differenza del ben noto ferro di cavallo, copriva interamente lo zoccolo ed aveva anche un cospicuo spessore, connotazioni entrambe inutili se impiegate per il normale avanzamento, ma basilari quando si dovevano attraversare dei terreni cosparsi di *triboli*, i micidiali chiodi a quattro punte che trapassavano sia i piedi degli uomini che gli zoccoli dei cavalli, bloccandoli inesorabilmente. Scriveva Vegezio: "*Il tribolo è uno strumento difensivo formato da quattro pali, che in qualsiasi modo si scagli, sta su tre raggi ed è nefasto per il quarto che sta dritto*".[15]

Calzando un ipposandalo, invece, la cuspide superiore del tribolo non era in grado di penetrarne la piastra, mentre il peso del cavallo gravante sulla stessa lo faceva sprofondare nel terreno, rendendolo così inoffensivo. Superato il percorso minato, si sarebbero liberati gli zoccoli, restituendo al cavallo la sua andatura normale. Altre fonti indirette, poi, fanno immaginare l'esistenza di un antesignano vero del ferro di cavallo di uso non sporadico, come conferma Catullo[16] che così recita:

Et supinum animum in gravi derelinquere caeno
Ferream ut soleam tenaci in voragine mula
E lasciare un cuore supino nella pesante melma,
come la mula lascia un ferro nel tenace fango

14 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica. Dal Medioevo al Rinascimento,* Firenze 1957, pp. 88-90.

15 Cfr. R. F. VEGEZIO, *Epitoma rei militaris,* III, 24.
16 Da G. V. CATULLLO, *Carme XVII,* verso 26.

In alto: *ipposandali di epoca romana imperiale.*
Sotto: *tribodi del I sec. a.C. rinvenuti in Grecia (a sinistra) e modello concettualmente simile adoperato in Vietnam negli anni '60.*

Tornando alla ferratura propriamente detta, alcuni autori, basandosi sulla disponibilità del ferro e sull'abilità a lavorarlo, ritengono che rimonterebbe, almeno nei suoi archetipi, al VI secolo a.C.. Che gli zoccoli dei cavalli potessero compromettersi nei lunghi percorsi, anche su fondo accidentato, è piuttosto un'ipotesi che una conclusione: Mongoli, Berberi, Persiani, Greci, Romani e molte altre etnie, percorsero immense distanze su terreni duri, rocciosi e semidesertici con destrieri sferrati, senza vistose conseguenze per l'animale. I Galli e forse i Celti, come accennato, sembrerebbero essere stati tra i primi a proteggere gli zoccoli dei cavalli con cerchiature di ferro, come testimoniano diversi rinvenimenti in alcune tombe, nelle quali il cavallo era stato sepolto col proprietario.

Con la conquista della Gallia anche i Romani vennero a conoscenza di quella tecnica e, come sempre, una volta padroni la perfezionarono, impiegando ad esempio dei chiodi a sezione quadrata più profondamente incassati nel ferro, senza però diffonderla. Fu questa forse una concausa dell'accennata marginalità che rivestì la cavalleria nelle legioni.[17] Solo a

17 Cfr. Y. LE BOHEC, *L'esercito romano. Le armi imperiali da Augusto alla fine del terzo secolo*, Urbino 2001, pp. 63-64.

In alto a sinistra: *miniatura del XV sec. con maniscalco.*
A fianco, dall'alto: *un maniscalco all'opera ed uno zoccolo ferrato.*

partire dall'ottavo secolo si registra un aumento del ricorso alla ferratura, e rimonta al 910 il primo scritto con chiari riferimenti ai ferri e ai chiodi che, non di rado, i cavalieri usavano portarsi appresso. In realtà l'importanza della ferratura mutò nettamente con l'avvento della cavalleria pesante che, avvalendosi di animali di una certa mole per sostenere gli altrettanto pesanti cavalieri corazzati, gli richiedeva stabilità ed aderenze maggiori, rendendo perciò la ferratura quasi una esigenza tattica, pur non generalizzandosi ancora, prassi che avverrà con le Crociate. La ferratura, infatti, consentiva di sviluppare energie d'urto notevolmente superiori, essendo ottima l'aderenza del destriero sul terreno. Ma sarà soltanto con il XV secolo che si avvierà una seria indagine sulla maniera migliore di ferrare i cavalli e la mascalcìa riceverà una sorta di riconoscimento ufficiale, sebbene occorreranno ancora anni di ricerche, prove e tentativi prima che la ferratura divenisse una vera protezione dello zoccolo, senza alterarne le funzioni naturali.

La staffa

L'invenzione della staffa è attribuita ad un gran numero di popoli, in epoca imprecisata e comunque remota, dettagli che inducono a ritenerla una invenzione multipla, compiuta cioè da più persone, distinte cronologicamente e distanti geograficamente. Il che per la estrema semplicità del suo criterio appare plausibile. Discorso diverso per la sua adozione in ambito militare.[18] Chi ritenne che quell'umile accessorio della sella meritasse di entrare a far parte dell'equipaggiamento d'ordinanza? E, soprattutto, quando? La risposta, che trova concordi il maggior numero di studiosi, l'ascrive ad Attila (406-453 d.C.), agli albori del Medioevo, sebbene al riguardo non esistano conferme esplicite. Il re degli Unni, stirpe del ceppo mongolo ed in quanto tale propensa alla razzia, forse osservò che le tribù che già usavano la staffa erano più rapide ed attive nei saccheggi e, per giunta, sembravano resistere più a lungo alla fatica. Dopo il deludente esito della battaglia combattuta contro Ezio a Châlon-sur-Marne nel 452, riorganizzò le sue orde, adottando perciò sistematicamente la staffa divenendone, così, se non l'ideatore il propugnatore. Quanto alla staffa è logico reputarla di gran lunga più antica, magari già esistente presso i Mongoli da secoli. I Sarmati, che sconfissero i Romani con la loro cavalleria catafratta, per ragioni meramente tecniche dovevano usarla, dal momento che non solo forniva un saldo appoggio, ma consentiva anche una postura fisiologica. Non è un caso che tanto Galeno quanto Ippocrate accennino ai problemi che colpivano le gambe dei cavalieri, costrette a penzolare dalla sella, stese per ore, con il corpo piegato all'indietro.

Con la staffa muta nettamente il modo di cavalcare, la sella, il morso e persino il cavallo, imprimendo all'equitazione civile e militare un vistoso salto di qualità. Tornava possibile, ad esempio, attività in cui gli Unni eccellevano, tirare da cavallo con l'arco, tecnica che implica una posizione eretta e stabile, a

18 Cfr. P. BREZZI, *La civiltà...*, cit., pp. 450-51.

In alto: *diversi tipi di ferrature per cavallo.*
A destra: *travaglio per bloccare i cavalli durante la ferratura.*

gambe tese e a cavallo sciolto in modo da mantenere una distanza abbastanza costante dal terreno, indispensabile per una corretta mira. Sempre grazie alla comodità elargita dalla staffa si potevano percorrere distanze enormi, ed i nomadi non di rado durante gli spostamenti riuscivano persino a dormire in sella, puntellandosi ad una forcella fissata sull'arcione. Per non parlare del vantaggio nel maneggio della lancia, dello scudo pesante e dell'armatura, possibili soltanto dopo l'adozione della staffa. Di gran lunga più agevole montare in sella e smontarne, operazioni che con l'armatura indosso sarebbero state estremamente complicate e rischiose, tanto più che i cavalli da battaglia essendo molto più robusti di quelli dell'antichità, erano anche di molto più grandi. Negli inverni nordici, poi, la staffa, debitamente imbottita e allargata, proteggeva il piede dal gelo, come ben sapevano i postiglioni che ne fecero ampio uso dovendo montare il primo cavallo delle diligenze.[19]

19 Cfr. T. PEISKER, LUDWIG-SCHMID, *I popoli asiatici e Attila*, in *Storia del Mondo Medievale*, Milano 1978, pp. 352-97.

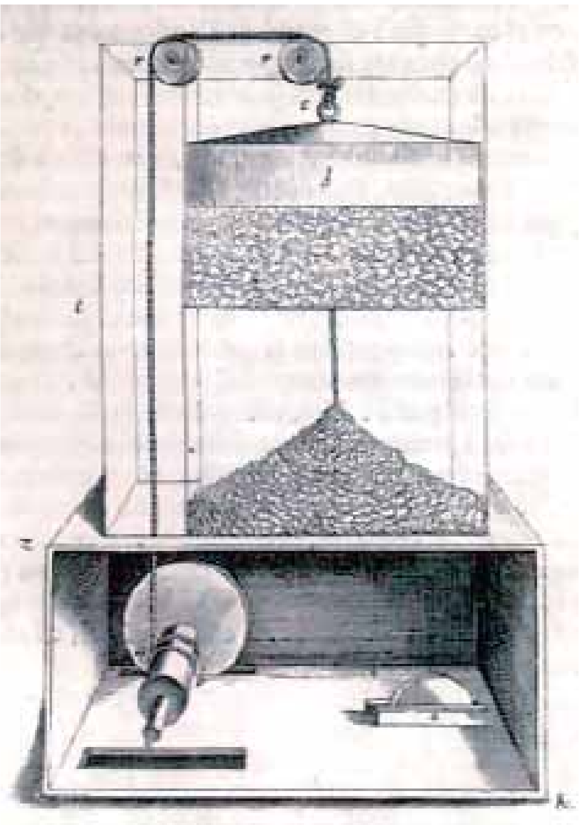
In alto: *Paolo Uccello (1397-1475): scene della Battaglia di San Romano in cui si vedono i cavalli sistematicamente ferrati.*

In alto, a sinistra: *staffa in ferro battuto del X secolo, custodita nella Torre di Londra.*
In alto a destra: *un catafratto partico, che lotta contro un leone. Londra, British Museum.*
Sopra: *statuetta giapponese, periodo Kofun, del VI secolo con una staffa ben evidente a fianco alla sella.*
A fianco: *incisione della divinità Kushan a cavallo con le staffe, metà II sec. d.C..*

I popoli germanici, sconfitti dagli Unni e dai Mongoli, adottarono la staffa, e se ne fecero per conseguenza i diffusori nell'intero Occidente, soprattutto dopo la dissoluzione dell'Impero romano. I primi a lasciarcene testimonianza scritta furono i Bizantini in un documento del 602, sotto l'imperatore Maurizio, seguiti da Franchi e Vichinghi con varie testimonianze materiali. I Carolingi, poi, la ritennero tanto importante che Carlo Magno volle essere sepolto con una staffa da cavallo. E fu proprio la staffa che permise alla cavalleria franca di battere i Musulmani ad Ovest ed i longobardi ad Est.

I carri semoventi

Nei primi secoli dell'età volgare l'elaborazione di un veicolo semovente, un traino senza trainanti, era giunta ad un buon grado di approntamento. Si erano escogitati e sperimentati diversi modi di trasmettere



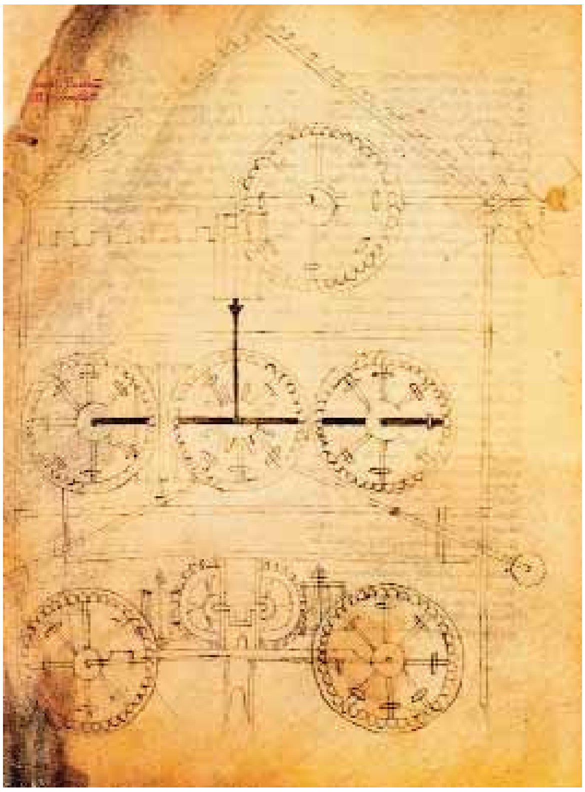
solari l'uno sopra l'altro. Era ciaschuno di diti solari posti in quadro e per ciascheduno quadro era XII bombardelle fitte fortissimamente, le quali ciaschuna dele dite bombarde gittava una pria grandeza d'uno huovo di galina; si che ciaschuno solaro era XLVIII bombarde, ch'era in suma per caretta CXLIIII or bombarde: su le dite carette per ciaschuna stavano III homini... per ciaschuna dele ditte carette era quattro grandi destrieri grossi, coverti tutti di cuoio cotto, e sopra quello aviano le barde d'azalle; sopra ciaschuno dei diti destrieri era uno gientile schudiero tuto armato, e con una mano avia a riegere il freno e con l'altra s'avia a difendere con una acietta."[21]

Un altro ingegnere militare del periodo, Guido da Vigevano, descrive al pari di molti suoi colleghi un carro mosso dal vento in questo modo:

"De modo faciendi carrum imbataliatum quod ducetur sine bestiis pro confundendo magnas gentes, ete poterit in pecis super ego apportari... Et istud

21 Da G. e B. GATARI, *Cronaca carrarese confrontata con la redazione di A. Gatari (aa. 1318-1407)*, a cura di A.Medin e G.Tomei, I, Città di Castello, rist. II ed. XVII/I, pp. 266-67 (a. 1387).

A sinistra: *carrello di Erone a percorso programmabile. Illustrazione tratta dal volume della traduzione di B. Baldi.*
Sotto: *Guido da Vigevano, Texaurus regis Francie, primo carro semovente mosso da una girante eolica.*

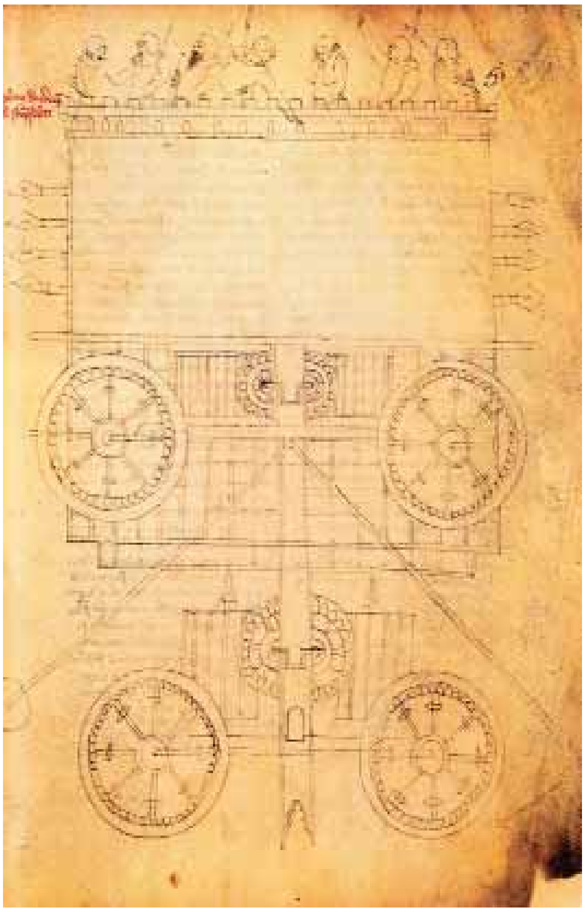


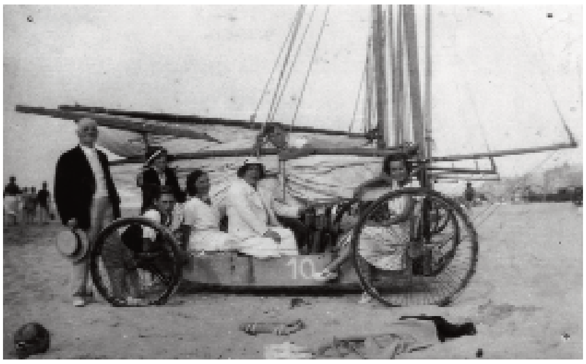
il moto alle ruote, un dispositivo sterzante per dirigerle, o dei solchi guida-ruote per mantenerle in direzione, nonché degli embrionali dispositivi di sospensione e persino di programmazione del percorso come nel carrello di Erone.[20] Quanto ai motori ne esistevano di vari tipi, ma i più efficaci erano quelli a gravità, cioè a contrappesi, alcuni dei quali impiegati per movimentare le elepoli. La concezione teorica, quindi, intorno al V secolo era ormai disponibile quando l'Impero collassò. I livelli attinti, dalla tecnologia in generale e da quella dei carri in particolare, ovviamente, non svanirono ma non ebbero più modo di concretizzarsi.

Nelle cronache medievali, tuttavia, oltre ai tradizionali carri e carrocci tirati dai buoi, iniziano a trapelare menzioni di carri semoventi, mossi da non meglio precisati motori, a differenza dei tre carri da battaglia schierati nel 1387 da Antonio della Scala, signore di Verona. Ognuno di essi, infatti, è tirato da quattro cavalli corazzati, e monta una torretta girevole quadrata a tre livelli, su ciascuno dei quali monta dodici piccole bombarde per lato per un totale di 144 pezzi. Così la descrizione originale:

"*Aparechio di misser Antonio della Scala: «Hordinò tre carrette, le qualle ciaschuna era armà a tri*

20 Cfr. ERONE, *De gli automati, overo Machine se moventi libri due*, tradotti dal greco da B. BALDI, Venezia 1589, pp. 19-27.



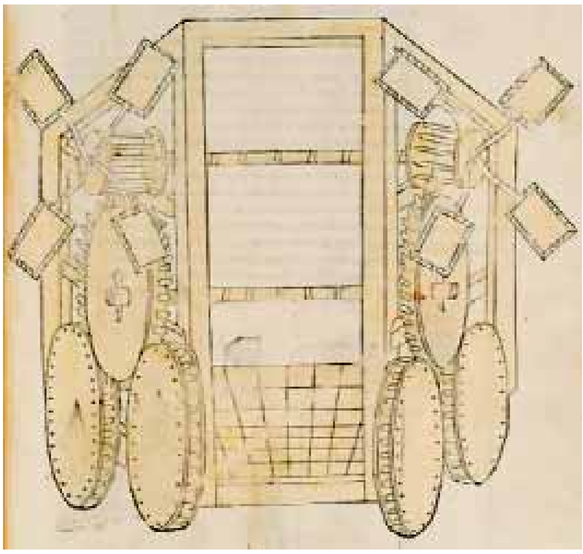


carrum fiat aspaldatum et incastellatum cum uno solario posito super illis lignis... quod ducetur cum vento et sine bestiis, quod cum furore curret per campos planos pro confundendo omnem exercitum..."[22]

Senza dubbio si tratta di fantasie, ma di valenza emblematica. Guido da Vigevano, che compose un trattato sulle macchine da guerra intorno al 1330, prospettò una serie di carri tutti semoventi[23], mossi da treni di ruote dentate azionate da manovelle. Un carro, poi, avrebbe dovuto utilizzare la forza del vento, trasmettendo con un complicato cinematismo la rotazione della girante alle ruote. Per la verità non

22 Da GUIDO DA VIGEVANO, *Modus acquisitionis Terrae Sanctae, Christi nomine invocato, regi Franciae intitulato*, ms. sec. XVIII in BN, Torino, G.V.9 - copia originale custodito nella BN, Paris, cc. 20-22, cap. XIII.
23 Cfr. A. A. SETTIA, *I carri armati di mastro Guintelmo: una tappa della tecnologia militare fra antichità e rinascimento*, in *Cultura e società nell'Italia medievale. Studi per Paolo Brezzi*, II, Roma 1988 (Studi Storici 188-192), pp.117-143.

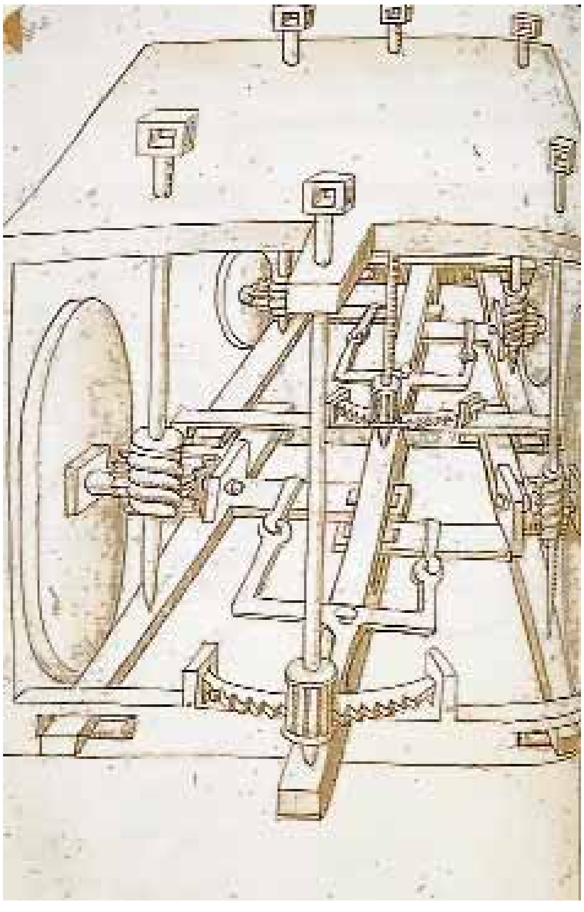
In alto, a sinistra: *Guido da Vigevano, secondo carro semovente mosso da due manovellismi.*
A fianco: *ricostruzione grafica del carro semovente a vento di Guido da Vigevano.*
In alto, a destra: *carrello a vento degli anni '30, utilizzato per la pratica dell'aeroplage, uno sport molto in voga sulla costa della sponda francese della Manica.*
Sopra: *un moderno triciclo a vento dalle alte prestazioni, utilizzato per test e sport estremo.*



erano mancati nell'antichità tentativi, più o meno validi, di adattare la propulsione eolica ai carri, ma sempre tramite l'adozione delle vele. L'idea, affatto peregrina, sembra aver trovato una effettiva realizzazione ed adozione in Cina a partire dal VI secolo d.C.: si sarebbe trattato di un carro capace di trasportare un trentina di uomini per un centinaio di km al giorno. Quanto all'Europa, fu soltanto intorno al 1599 che in Olanda si ebbe qualcosa del genere. Nei disegni di Valturio (1405-1475), si trova un carro che nelle sue intenzioni avrebbe dovuto essere mosso da una girante eolica, del tipo dei mulini olandesi, debitamente demoltiplicata. La macchina, ancorché rudimentale e ingenua, dimostra tuttavia che l'idea di sfruttare il vento per la trazione terrestre, e senza le vele, non era affatto ignorata. A suo dire: "*È un'altra mirifica forma de carro non falcato el quale si caciano cum flabella e cum vento in questo modo.*"[24]

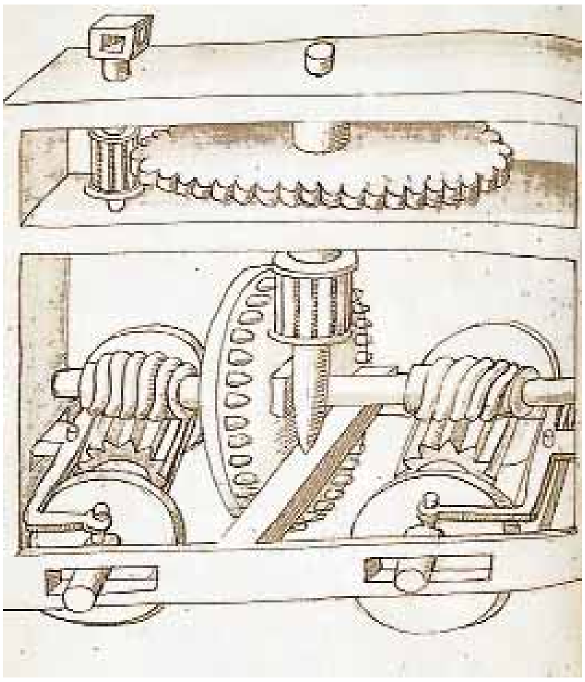
Dal punto di vista meramente meccanico il carro a vento del Valturio costituisce un singolare esempio, peraltro destinato a restare tale a lungo, di veicolo propulso da due organi motori, due giranti eoliche, accoppiati su di un unico asse, con un doppio rotismo di trasmissione ciascuno destinato ad una coppia di ruote laterali. La trazione è integrale, dato che i due opposti ingranaggi impegnano entrambe le ruote motrici, collocate a breve distanza fra loro. È interessante osservare che mentre le giranti e le ruote intermedie sono accoppiate su due alberi, che ne equiparano i giri, le coppie di ruote motrici sono indipendenti fra loro. Dettaglio questo che poteva consentire al carro, in via teorica, una larghezza discrezionale, comunque più ampia dei tradizionali. Intuibile, al di là della sua concreta fattibilità, l'interesse militare per un veicolo del genere, essendo del resto militare la stessa genesi del carro propriamente detto.

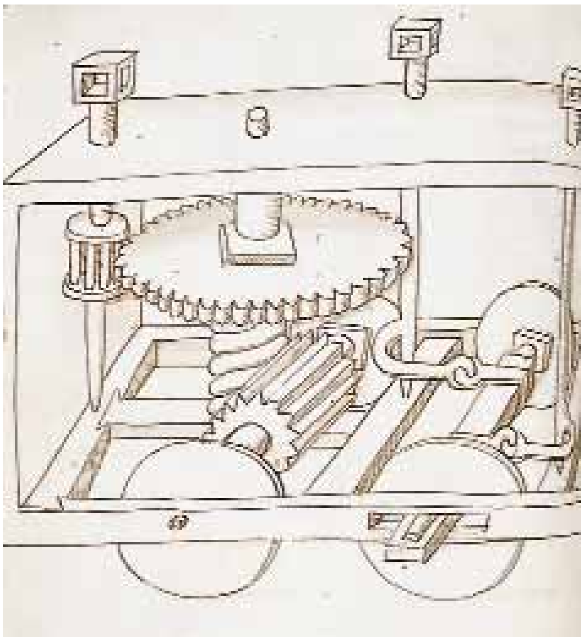
In un taccuino di un ingegnere senese della seconda metà del XV secolo, forse di Mariano di Jacopo detto il Taccola, si osservano quattro disegni assonometrici di carri semoventi. Il primo è relativo a un veicolo a tre ruote, due accoppiate su di un asse a folle e una, molto più grande, motrice e sterzante. La trasmissione, direttamente sul cerchio della ruota che gira in folle su di un asse, è ottenuta con un riduttore a vite senza fine, corone e rocchetti, tutti azionati da una manovella. Il carro poteva dirigersi rotando un settore dentato munito di forcella solidale al suddetto asse, poggiato al telaio con una coppia di rulli. Il secondo carro è a quattro ruote, di ugual diametro, di cui la coppia sull'asse posteriore è motrice, mentre l'altra è sterzante. Concezione adottata sulle moderne autovetture fino all'affermazione della trazione anteriore. La trasmissione del moto avviene tramite il solito gruppo riduttore a vite senza fine, corona e rocchetti. Alquanto curiosa la guida azionata da due alberini muniti in basso di eccen-

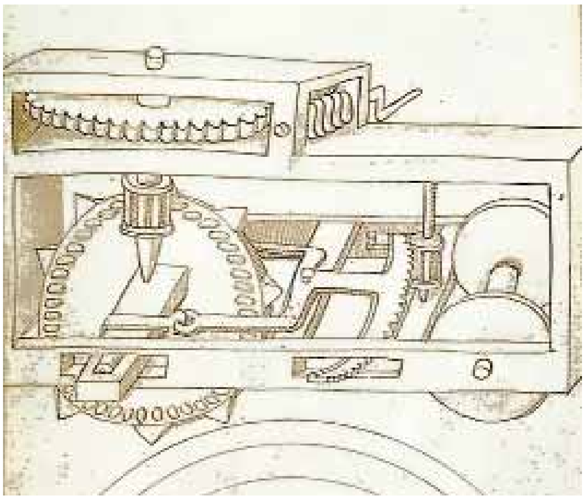


24 Cfr. R. VALTURIO, *De re militari*, Verona 1483, lib. X, p. 413.

In alto: *il carro a vento di Valturio, De re Militari, lib. X.*
A fianco: *Mariano Taccola, Palatanio 767 BNCF, fol. 93.*





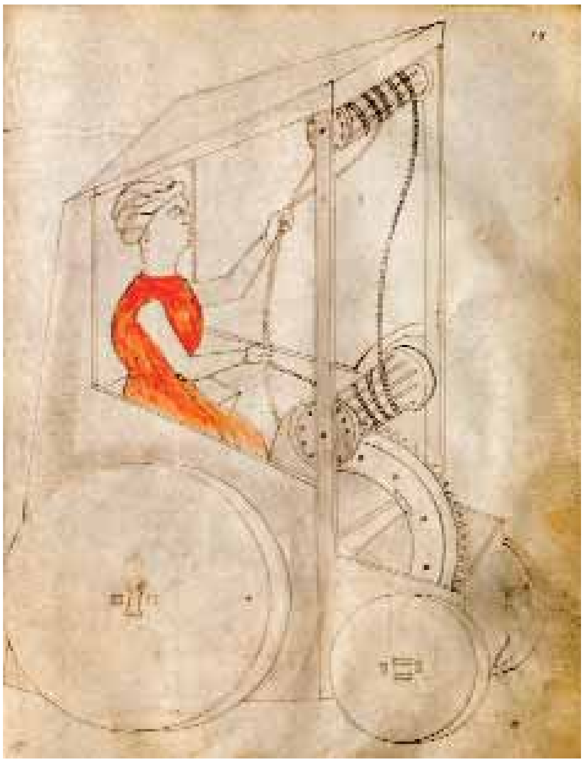


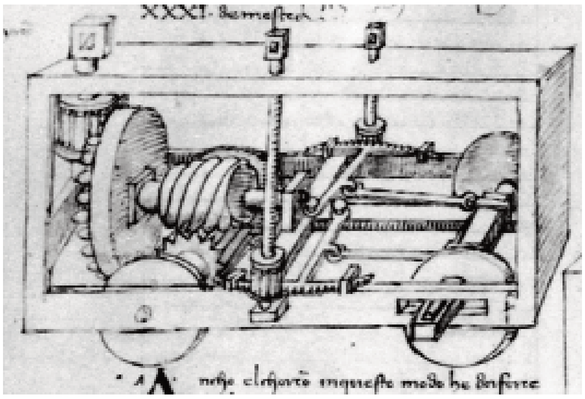
trico: ne sarebbe bastato uno solo per deviare l'asse, sempre su supporti a rulli. Nel terzo disegno, che somiglia in sostanza al secondo, abbiamo ancora un carro a quattro ruote identiche, due motrici e due sterzanti. La trasmissione del moto, sebbene risolta con un diverso treno di ingranaggi, conserva la stessa concezione della precedente; più razionale la guida, con un solo alberino e pignone finale ingranato in un settore dentato a forcella. Immutati i rulli di appoggio al telaio dell'asse sterzante. Nel semovente di Fontana, invece, la propulsione è ottenuta mediante un verricello azionato tirando una fune: in sostanza una variante del carrello di Erone.

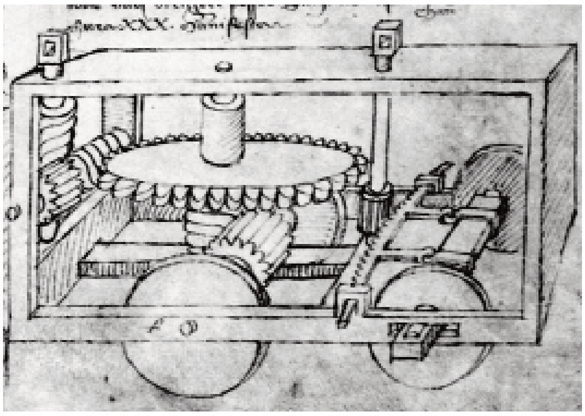
Molto più complesso il carro del quarto disegno[25] che, con una moderna dizione, potrebbe definirsi un *fuoristrada*: le sue quattro ruote uguali, infatti, sono tutte motrici e sterzanti. Interessante la trasmissione del moto che avviene mediante un riduttore d'ingresso, pignone e grande corona ad albero verticale. Solidale alla corona, in basso, un rocchetto ingranato a squadro su di un'altra corona, a sua volta fissata al centro di un asse con due viti senza fine alle estremità. Entrambe pongono in rotazione due rocchetti fissati al centro degli alberi motori, consentendogli

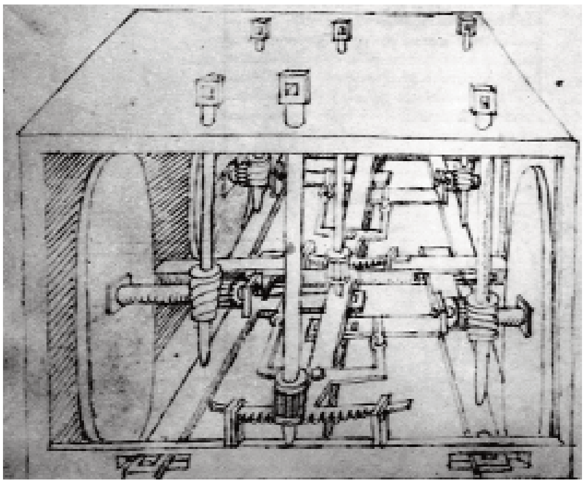
25 Cfr. F.RUSSO, F.RUSSO, *I fuoristrada. Dal carro dei Sumeri alla Jeep Willys*, Roma 2008, pp. 52-56.

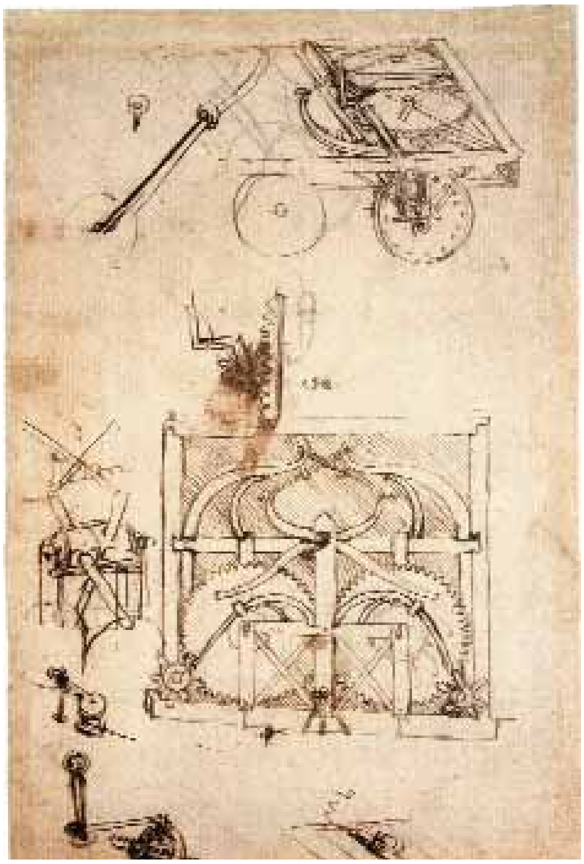
A fianco: *Mariano Taccola, Palatanio 767 BNCF, fol. 89, 91, 90.*
Sotto: *Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, fol. 18r.*







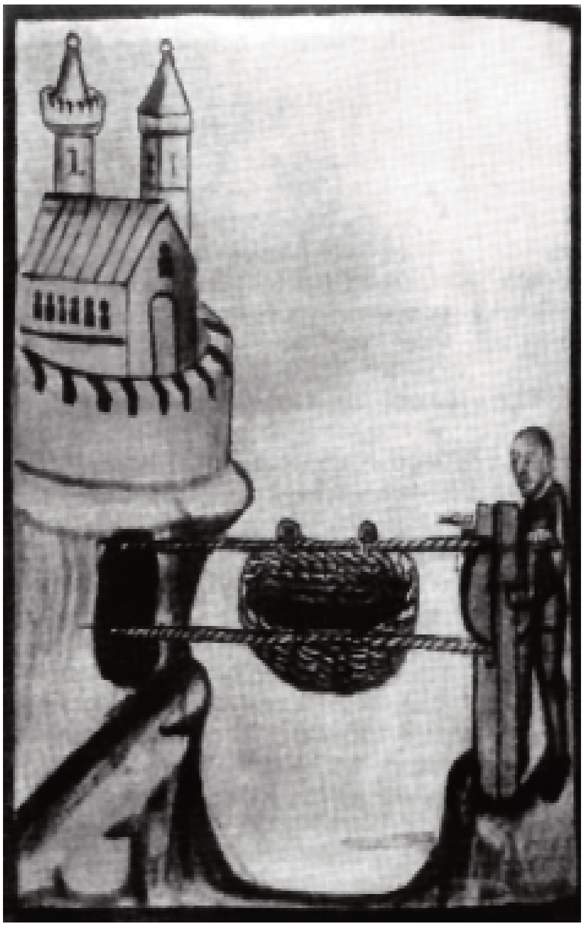




A fianco: *Francesco di Giorgio Martini, Trattato d'Architettura, Cod. Saluzziano, fol. 52 e sgg..*
In alto: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fol. 812r.*
Sopra: *ricostruzione del carro semovente di Leonardo.*

perciò di poter deviare di una ventina di gradi per lato, mediante due distinte leve di comando, adibite alla manovra del carro. Infine il quinto disegno, il più complesso: le ruote sono quattro, tutte motrici e tutte sterzanti. Il moto, però, è trasmesso ad ognuna indipendentemente, mediante quattro alberi verticali muniti di viti, ingranate nei rocchetti di ciascuna ruota. La vera novità, però, consiste nell'adozione di quattro semiassi, sfalsati fra loro, in grado di deviare intorno ad un fulcro. La manovra di ogni coppia di ruote avviene, perciò, tramite forcella a settore dentato impegnata da un pignone.

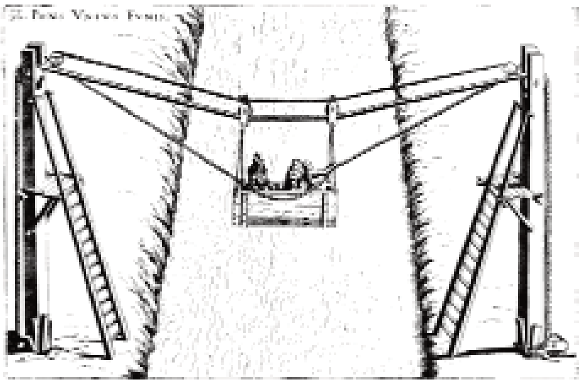
Le varie soluzioni prospettate confluiranno in buona sostanza nei disegni più celebri di Francesco di Giorgio Martini e soprattutto di Leonardo da Vinci. Del primo abbiamo almeno sei tipi di carri, di cui cinque sostanzialmente identici ai precedenti. Quanto al sesto, un carro a due ruote motrici indipendenti e due sterzanti sullo stesso lato, appare affetto da un errore di progettazione, per cui resta una pura elucubrazione.

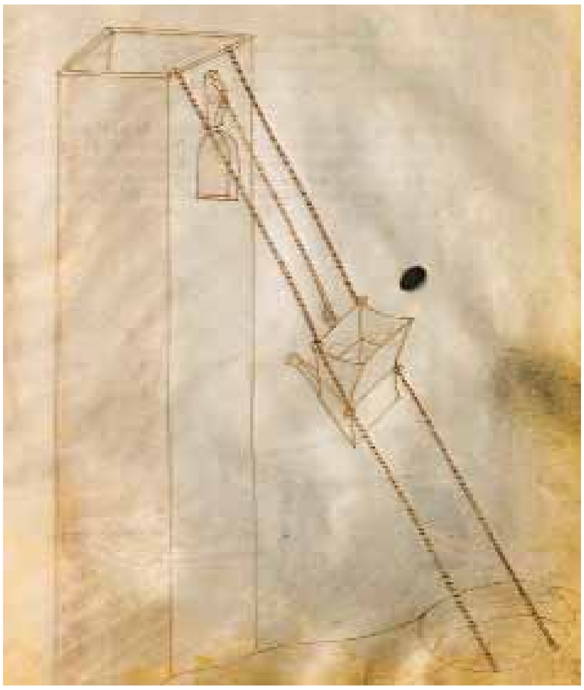


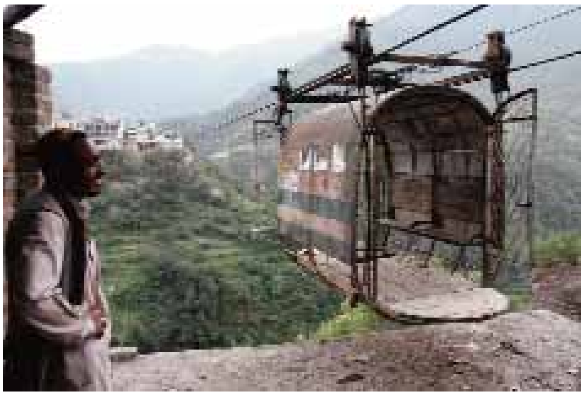
Le teleferiche

Il crollo di molti ponti romani e la necessità di raccordare i tanti sentieri che nel frattempo si erano organizzati, senza costruirne di nuovi troppo costosi e complessi, suggerirono forse l'adozione delle funi come supporto per il trasporto da un lato all'altro di una stretta gola, di un corso d'acqua, di un forte dislivello. Forse l'idea scaturì dall'osservazione dei traghetti che utilizzavano una fune fissa per andare da una sponda all'altra. Di certo intorno al XII comparvero le prime teleferiche, alcune destinate al solo trasporto delle merci, altre anche delle persone. L'idea, nonostante l'adozione di corde vegetali, si diffuse con una certa rapidità, soprattutto nelle regioni montuose, potendosi con quel semplice sistema condurre a valle, senza sforzi, legna e foraggio, limitandosi a farli calare con adeguate carrucole lungo un spessa corda. Per trovarne però una esplicita menzione grafica bisogna attendere gli inizi del '600, con i disegni di Fausto Veranzio. Per la verità già in una tavola di Giovanni Fontana si può scorgere un carrello che, sostenuto, da due carrucole impegnate in due funi portanti è tirato da una terza

In alto, a sinistra: *miniatura tratta da un codice di Johannes Hartlieb, relativa ad una rudimentale teleferica.*
Al centro, a sinistra: *il Pons unius funis di Fausto Veranzio, 1615.*
In basso, a sinistra: *teleferica monofune per il trasporto dei materiali impiantata da Adam Wybe (1584-1653) nel 1644 per la costruzione di un bastione a Danzica.*
Sotto: *sistema di trasporto su doppia fune portante con fune traente, di Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, fol. 17r.*





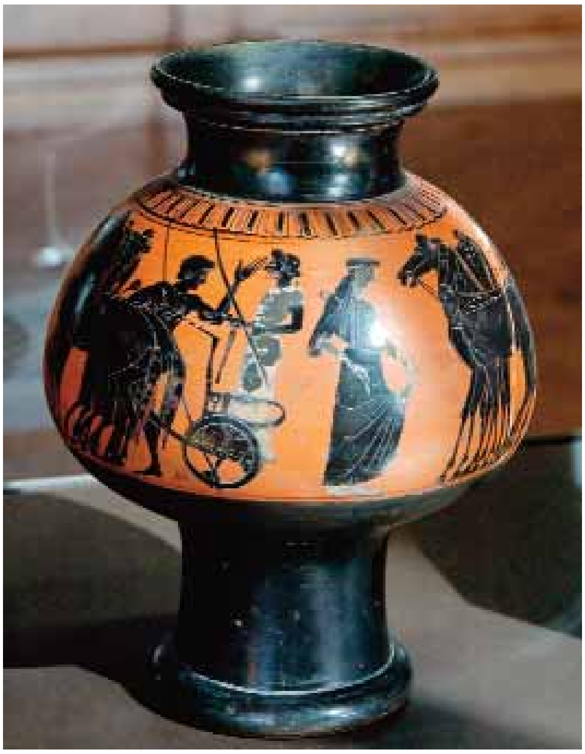


fune, di trazione. La soluzione della doppia fune portante appare a dir poco insolita: tuttavia risulta innegabile che, se ben tese, le due corde danno al carrello una maggiore stabilità, eliminando in gran parte le oscillazioni laterali impresse dal vento. Si spiega forse proprio così la presenza di una singolare funivia, in una delle impervie vallate del Pakistan, a due funi portanti, in sostanza un vero binario aereo.

Tornando alle antiche teleferiche, un carico particolare, ma molto richiesto e quindi di notevole valore commerciale con ampio impiego di mano d'opera, fu quello della neve. Il vino raffreddato con la neve è testimoniato, infatti, dal VI-V sec. a.C. dal diffondersi delle brocche refrigeranti, *Psykter*, e dalle frequenti allusioni nelle fonti coeve, da Ateneo a Platone. Il consumo del ghiaccio aumentò vistosamente presso i Romani, reputandosi indispensabile nella mescita del vino, nel raffreddamento dell'acqua del *frigidarium* o nella terapia dei traumi. Crebbe ancora dopo la trovata di Nerone di utilizzare il ghiaccio tritato e succhi di frutta per confezionare dei sorbetti (a Roma noti come *grattachecca* ed a Napoli come *cazzabocchio*), assurti in breve a portata immancabile nei più ricercati banchetti. La cospicua domanda di ghiaccio impose migliorie all'approvvigionamento e soprattutto alle modalità di trasporto, per minimizzare le perdite. Potendosi conservare a lungo solo in alta montagna e dovendosi condurre a valle il più velocemente possibile, era la merce ideale da calare con rudimentali teleferiche, che, infatti, pur non riscontrandosi esplicitamente nell'antichità, di sicuro si utilizzarono. Spostare degli oggetti, e non di rado delle persone, su funi, infatti, è una pratica antichissima. Seneca, ad esempio, nell'epistola 88, menzionando le macchine sceniche per far comparire gli attori, ricorda pure quelle che permettevano agli stessi di librarsi nell'aria. Si trattava di voli apparenti, consentiti da una carrucola corrente su di un filo, come nel noto *volo della colombina* di Venezia: un'inequivocabile teleferica, sia pure brevissima.

Le menzioni ed i primi disegni d'impianti fissi di funi per teleferiche compaiono sul finire del Medioevo, come quelle relative ai monti Lattari. Prospicienti la costa di Baia, dove sorgeva il palazzo di Nerone e dove probabilmente, durante un suo soggiorno estivo, debuttò il sorbetto, attingono con Monte Faito i 1300 m di quota, sovrastando con le pendici l'insenatura di Vico Equense, formandone un porto naturale. Grazie all'altezza ed alle faggete la cima fu prescelta, sin dalla più remota antichità, per la con-

In alto, a sinistra: *Pakistan una delle tante funivie che collegano i villaggi con la Karakorum Highway: si tratta di rari esemplari a doppia fune portante giustificata forse dai forti venti che imperversano fra quelle altissime vallate.*
Sotto: *Psykter, vaso per contenere del ghiaccio a stretto contatto con il vino da raffreddare.*



servazione della neve in apposite fosse, rozzamente isolate, la cui proliferazione è ascrivibile proprio ai Romani. Si trattava di grotte artificiali, con l'accesso rivolto a nord, e di profonde buche, scavate tra alberi secolari, per tenerle sempre all'ombra, al cui interno si stivava la neve, compattata e trasformata in ghiaccio. In altre località si costruirono pure delle neviere in muratura, simili a casette rurali senza finestre o a forni per la calce. All'interno anche in esse una profonda buca, destinata allo stivaggio della neve, dopo la sua riduzione in ghiaccio.

L'attività toccò l'apice nel XV secolo, stabilizzandosi su quel livello nei successivi: un contratto pubblico del 1692 tramanda la fornitura di 10.000 salme di ghiaccio l'anno, circa 1500 tonnellate, tratto dalle *fosse del Faito*. Dal documento si evince che la capacità di ciascuna oscillava tra un minimo di 5 ed un massimo di 35 m^3: volumi abbastanza modesti, forse suggeriti da una più facile coibentazione. Per conservare la neve nelle fosse, infatti, le si foderavano preliminarmente di foglie secche, deponendovi un primo strato di neve. Al di sopra altre foglie secche quindi un secondo strato di neve, e così via fino al colmo. Esaurito il caricamento si copriva la fossa con uno spesso cumulo di altre foglie e zolle di terra. Esistevano anche neviere in muratura, simili a grossi silos, interrati o seminterrati, al cui interno con la medesima coibentazione si conservava il ghiaccio. All'inizio dell'estate si riaprivano e il ghiaccio, ta-

In alto, a sinistra: *Seneca, parte di una doppia testa, Berlino, Antikensammlung.*
In alto, a destra: *raffigurazione cinese di una primitiva funivia, 250 a.C..*
Sopra: *Venezia, il Volo della Colombina.*
Sotto: *neviera sul Monte Faito, Vico Equense, Napoli.*

Sopra: *ruderi sottomarini di Baia, Napoli.*
Sotto: *neviere in muratura.*
Nella pagina a fianco: *ruderi del primo e del secondo pilone della teleferica per il ghiaccio di Monte Faito, Vico Equense, Napoli.*

gliato in blocchi regolari, si trasportava a valle alla massima velocità possibile.

Quale che ne fosse la forma, la neviera era, in ultima analisi, un grosso thermos al cui interno la fusione del ghiaccio avveniva con estrema lentezza. Estrema rapidità, invece, richiedeva il suo trasporto pena la perdita di una cospicua aliquota: e proprio sulle pendici del Faito si stagliano degli enigmatici ruderi in opera incerta, direttamente connessi con il trasferimento a valle del ghiaccio. Due vistosi torrioni, uno ancora alto una ventina di metri, costituiscono i manufatti più imponenti tuttora in sito. A primo acchito non suggeriscono alcuna plausibile interpretazione architettonica, come del resto il loro nome dialettale: *i paluorcio*.

Al di là dell'apparente assonanza napoletana il vocabolo non è indigeno, ritrovandosi quasi identico anche nell'italiano *palorcio*, senza essere neppure toscano: si tratta, infatti, di greco bizantino: *párolkion,* diminutivo di *parolxos,* gomena o, per meglio dire, fune di rimorchio tesa fra due imbarcazioni. Fune che con grande equilibrio ed abilità consentiva anche il trasbordo. Stando al nostro dizionario, invece, il palorcio è il più rozzo impianto a fune, detto anche *filo a sbalzo* o *teleforo*: una teleferica embrionale, tesa tra due supporti, il superiore di partenza e l'inferiore d'arrivo, nessun vagoncino, nessuna fune di trazione, nessuna fune di risalita e, connotazione dirimente, nessun cavalletto o pilone intermedio.

I piloni delle pendici del Faito, però, proprio perché tali, non appartennero a un palorcio ma a una vera e propria teleferica, adibita al trasporto a valle del ghiaccio, della quale tessè le lodi, intorno al 1750, Antonio Genovesi (1713-69) con queste parole[26]: "*io spero che il* Palorcio, *una di quelle macchine che l'umano ingegno si ha fabbricate contro la rapidità del tempo...* [e che è stata] *sì migliorata da poter servire in tutti i luoghi ed in tutti i siti... voglia essere un poco meglio conosciuta ... niuna nondimeno mi pare più per ciò acconcia, quanto il* Palorcio, *per la cui*

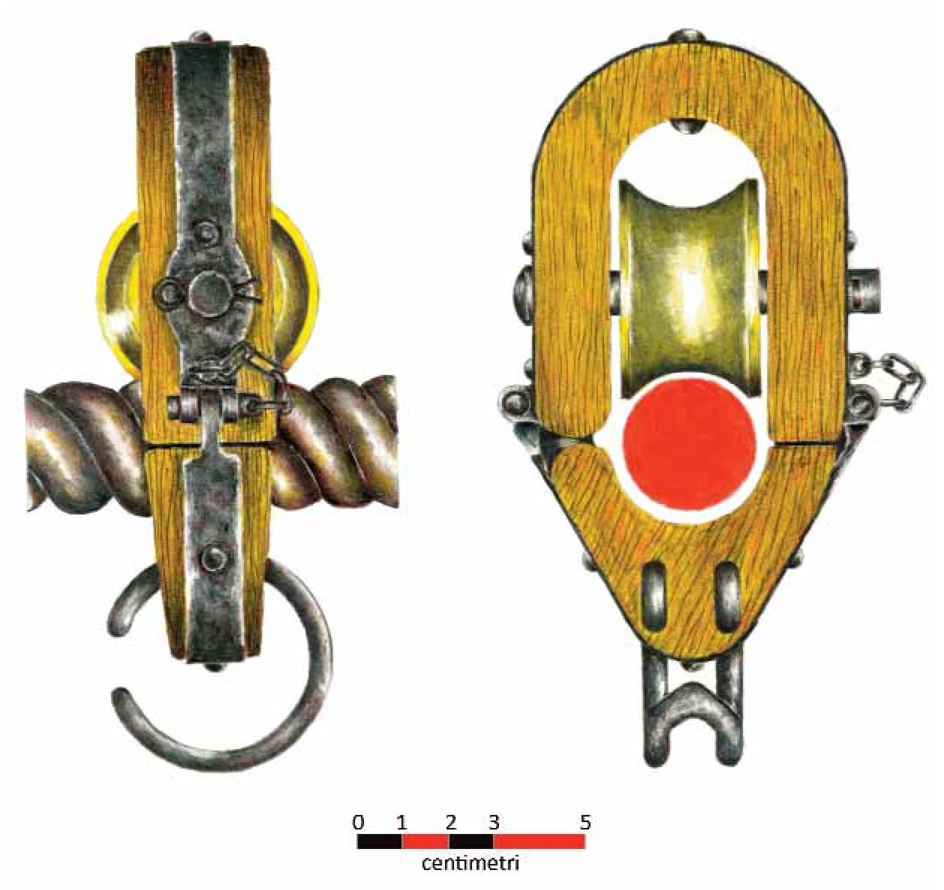
26 Da A. GENOVESI, *Discorso sopra il vero fine delle lettere e delle scienze,* Napoli 1766.

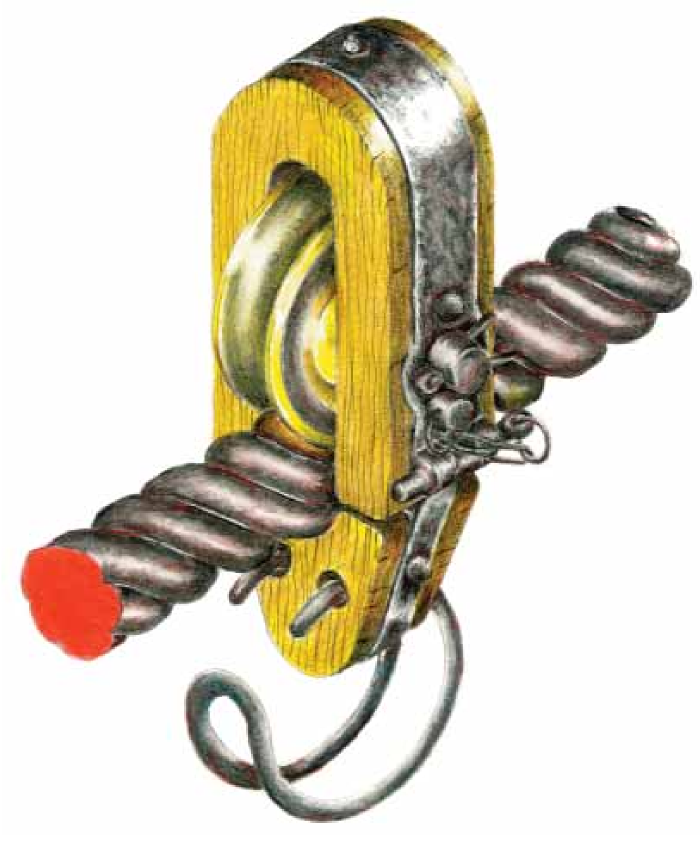
opera io ho veduto in coteste montagne di Vico fare in un giorno ciocchè difficilmente senza di lui farebbesi in cento". Ovviamente i piloni suddetti sono più recenti del palorcio che vide il Genovesi, macchina che a sua dire era stata: *"con molta cura, fatica e spesa... sì migliorata da poter servire in tutti i luoghi ed in tutti i siti",* lasciandocene ipotizzare di più antichi ed arcaici, forse d'età romana.[27] Il palorcio, infatti, essendo una gomena, si sviluppava per la sua intera lunghezza, circa 200 m, richiedendo per tratte maggiori il trasbordo dei carichi o l'impiombatura con altre gomene. Su quelle funi potevano scendere carichi sospesi a delle carrucole. Queste in un impianto senza fune di risalita dovevano essere apribili, simili alle *pastèche,* già usate all'epoca, delle quali un esemplare è stato rinvenuto sui relitti delle navi romane ritrovate a Napoli. L'attuale normativa limita a 50-100 kg il carico singolo che così può scendere, entità che può ritenersi identica anche in età classica.[28]

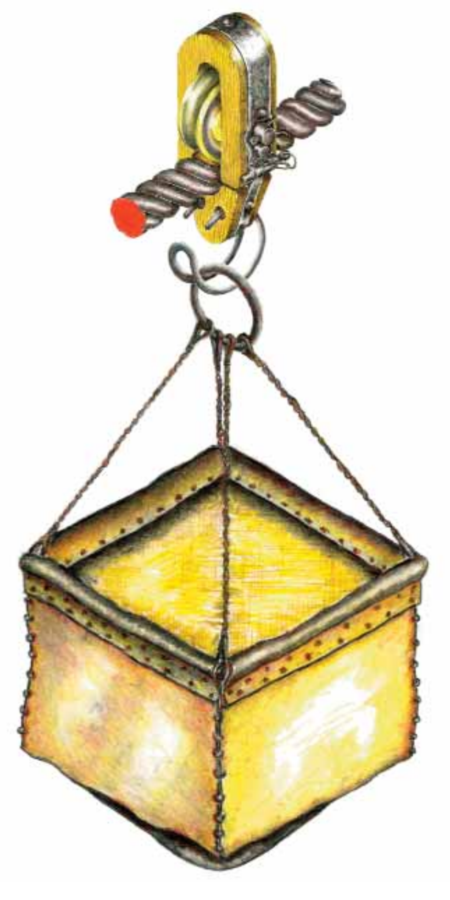
Un vasto impiego di teleferiche motorizzate, a gravità ed a mano, fu fatto durante la Prima Guerra Mondiale, per l'approvvigionamento di viveri, munizioni e per l'evacuazione dei feriti, delle postazioni in alta montagna.

27 Cfr. G. CAPPELLONI, *Teleferiche. Funicolari aeree,* Milano 1925.
28 Cfr. G. CAPPELLONI, *Trasporti aerei,* Milano 1914.

Sopra, a sinistra: *pastèca, carrucola apribile simile a quelle ritrovate nelle navi romane recuperate a Napoli sotto piazza Municipio.*
Sotto: *ieleferica militare a trazione manuale della I Guerra Mondiale, su Monte Cristallo.*
Nella pagina a fianco: *ricostruzione grafica di pasteca e di sacco per il trasporto su fune del ghiaccio.*


0 1 2 3 5
centimetri





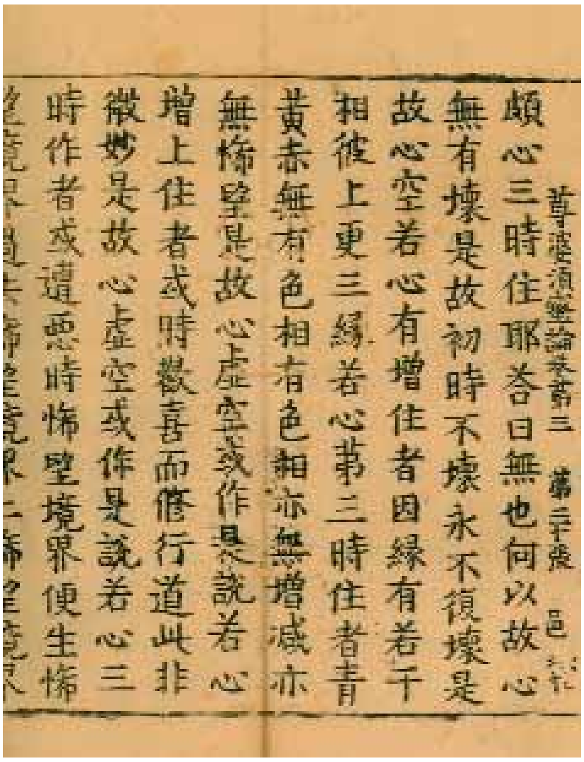
La stampa

Il criterio informatore della stampa è abbastanza semplice: far lasciare un'impronta da un'apposita matrice debitamente inchiostrata su di un foglio di carta, sistema che consente di ottenere un numero illimitato di copie uguali fra loro. Tra i primi usi nel XIV secolo, la stampa su foglietti volanti di scene sacre, tratte da matrici incise su tavolette di legno, lastre di marmo e lastre di rame. La novità, sviluppatasi in Cina nel corso dell'XI secolo, fu quella di costruire piccole matrici di dimensioni standardizzate, per ciascuna lettera dell'alfabeto, che essendo indipendenti vennero definite, in seguito, *caratteri mobili*: dalla loro combinazione grafica ed assemblaggio meccanico si potevano realizzare le matrici di intere pagine scritte.[29]

I caratteri inizialmente erano di argilla, di facile rottura, sostituiti presto da similari di legno, solidi ma di rapido logorio, e solo nel XIII secolo si ha notizia di caratteri metallici per la stampa usati in Corea. Non si ha alcun indizio che l'invenzione orien-

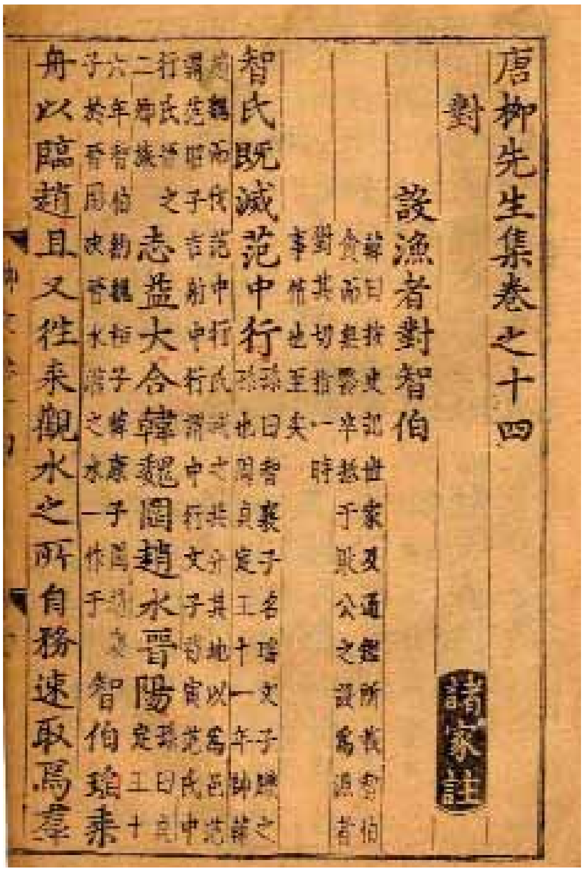
29 Cfr. P. JAMES, N. THORPE, *Il libro delle antiche invenzioni*, Milano 1994, pp. 522-23.

Sotto, a sinistra: *pagina stampata in Corea tra il 1011-1082.*
Sotto, a destra: *altra pagina stampata in Corea a Seul nel 1438.*
In alto, a destra: *strumento per la fusione a mano dei caratteri mobili.*
Al centro, a destra: *vecchi caratteri tipografici in lega di piombo.*



尊婆須蜜論卷第三

頌心三時住耶答曰無也何以故心
無有壞是故初時不壞永不復壞是
故心空若心有增住者因緣有若干
相從上更三緣若心第三時住者青
黄赤無有色相有色相亦無增減亦
無悕望是故心虛空或作是說若心
增上住者或時歡喜而修行道此非
微妙是故心虛空或作是說若心三
時作者或遣惡時悕望境界便生悕



唐柳先生集卷之十四

對

設漁者對智伯

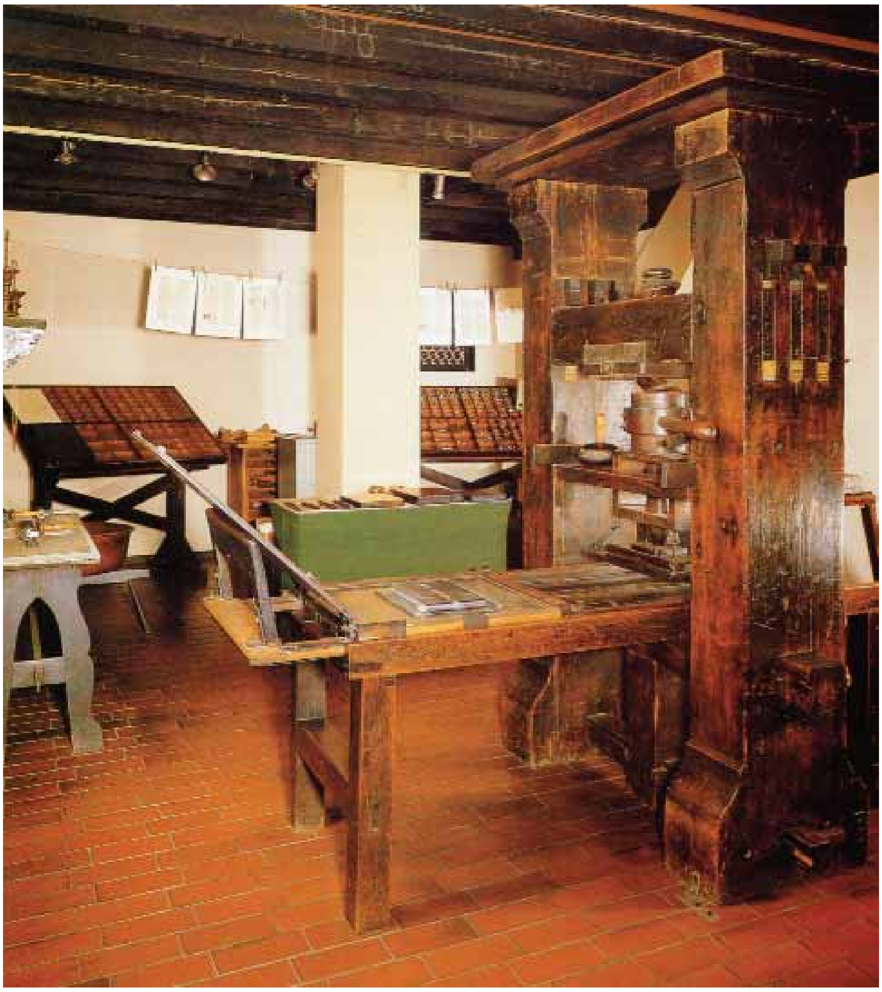
智氏既滅范中行志益大合韓魏圍趙水晉陽智伯瑶乘
舟以臨趙且又往來觀水之所自務速取焉羣

tale abbia raggiunto l'Occidente: di certo Johann Gutenberg, nato a Magonza alla fine del '300, intorno al 1440[30], rivoluzionò quel rudimentale procedimento, utilizzando inchiostri grassi e caratteri in lega di piombo, ottenendoli in vaste serie per punzonatura di lastre di ottone. Dopo una serie abbastanza prolungata di esperimenti e prove, tra il 1452 ed il 1455, stampò il primo libro: una Bibbia tirata in circa 180 esemplari di cui 48 ancora esistenti, stimati attualmente circa 10.000.000 di dollari cadauno.

Per pressare la matrice, detta *forma*, che conteneva in una apposita scatola tutti i caratteri tipografici di una intera pagina di testo (per la Bibbia posti su due colonne di 42 linee), Gutenberg si avvalse di torchi a vite, identici a quelli di epoca romana usati per i panni, alcuni dei quali verranno ritrovati a Pompei ed Ercolano. Da quel momento, potendosi diffondere in gran numero ed a prezzi abbordabili le opere

30 Cfr. S. RUFFOLO, *Gutenberg*, Milano 1989, pp. 161 e sgg..

In alto: *un testo in caratteri mobili gotici, sistemato nella forma per essere stampato.*
A fianco: *Johann Gutenberg nel ritratto di un anonimo del XVII sec., Collezione Keio University Library.*



a tale data, non esistevano, tranne forse i poemi omerici, testi classici stampati in versione originale. Vuoi per l'oculata scelta del momento storico, vuoi per aver in qualche modo contribuito al suo manifestarsi, l'iniziativa conobbe uno straordinario successo. Poco prima della morte del Manuzio, avvenuta nel 1515, la sua casa editrice aveva messo in circolazione un gran numero di opere, in circa 150 edizioni, tra cui nel 1495 gli scritti di Aristotele e nel 1513 quelli di Platone.

Tra i collaboratori dell'editore molti profughi greci scampati alla conquista turca di Costantinopoli del 1453, ed anche intellettuali del calibro di Erasmo da Rotterdam e Pietro Bembo. Una volta realizzata la serie dei caratteri greci la conoscenza

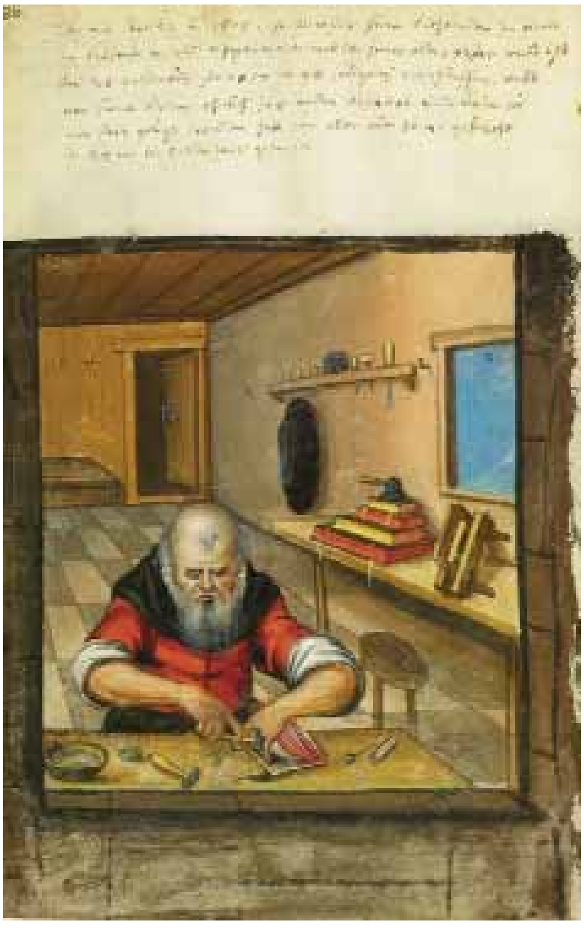
letterarie e scientifiche, iniziò una vera rivoluzione. La stampa, pertanto, sotto questo aspetto può considerarsi l'equivalente, in ambito culturale, della polvere pirica in ambito bellico.

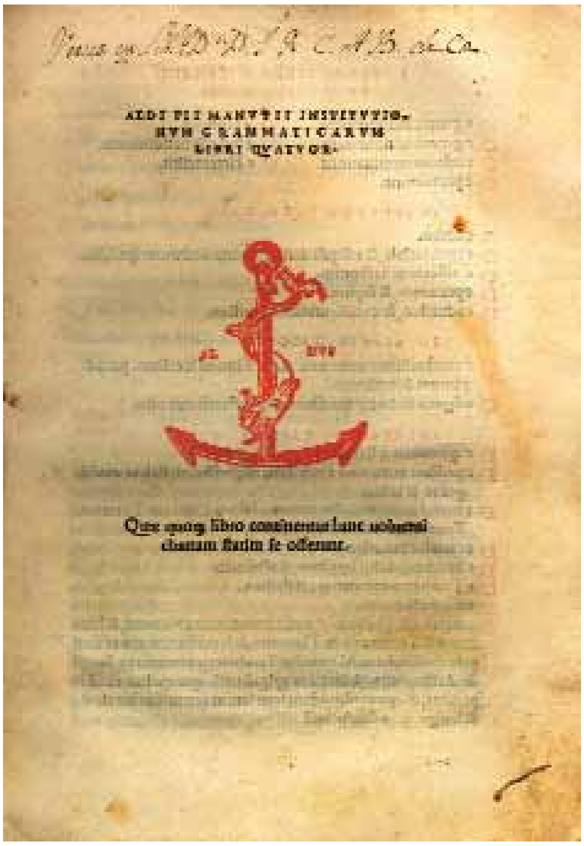
Senza voler entrare ulteriormente nello specifico, che vanta peraltro importantissime esposizioni, ricostruzioni e trattati, è invece interessante, ai fini della nostra indagine, ricordare che proprio allo spirare del Medioevo, nel 1492, prese vita un'iniziativa culturale singolare che all'epoca, però, passò quasi del tutto inosservata: la creazione delle edizioni Aldine a Venezia ad opera di Teobaldo Manuzio, destinate alla pubblicazione di testi classici, greci e latini.[31] Si può tranquillamente affermare che, fino

di quella lingua e dei suoi apporti scientifici non svanirono più, a differenza della chiosa dei copisti medievali, *greca sunt, ergo non legenda*. E dal momento stesso che i trattati circolanti non furono più dei preziosi e rarissimi manoscritti, spesso esemplari unici, il fortunato detentore non poteva più, copiandone i contenuti, spacciarsi per il loro scopritore o inventore, senza tema di essere smentito se non per eccezionali e fortuite circostanze. Questo spiega perché, dopo un proliferare di segreti professionali e di presunte invenzioni, alle quali fa riferimento più volte lo stesso Leonardo, come molti suoi predeces-

31 Cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore?...*, cit., Napoli 2009, pp. 170-203.

In alto: *il torchio in mostra al Gutenberg Museum di Magonza nella ricostruzione della stamperia.*
A fianco: *Aldo Manuzio e suo figlio Paolo.*
Nella pagina a fianco: *stampe e miniature medievali che illustrano le varie fasi di lavorazione di un libro a cavallo tra il XV ed il XVI sec..*




ALDI PII MANVTII INSTITVTIONVM GRAMMATICARVM LIBRI QVATVOR.

In alto: *una delle pagine della mitica Bibbia delle 42 linee di Gutenberg, tratto da un esemplare riccamente decorato.*
Sopra: *il frontespizio di un volume delle edizioni Aldine.*

sori, con la pubblicazione delle opere antiche siffatte affermazioni si riducano drasticamente, per cessare del tutto poco dopo.

Non si trattò, come a prima vista potrebbe sembrare, e per molti aspetti lo fu, dell'avvio d'una nuova fase della cultura scientifica ma la più vistosa conseguenza di un interesse già esploso nel corso del secolo precedente, di un'adeguata risposta ad una domanda crescente ed ampia. Il Manuzio, come tutti i suoi colleghi fino ai nostri giorni, quand'anche sensibile alla cultura, non per questo avrebbe azzardato un'edizione molto costosa per l'epoca senza una ben risaputa domanda di mercato. Quel tipo di prodotto non si poteva imporre ma solo fornire, quando, ovviamente, la richiesta ne avesse coperto gli oneri. Il realizzare, di lì a breve, anche edizioni in ottavo dei classici latini lascia intravedere una società coinvolta nel recupero della cultura e della conoscenza antiche, percepite, senza ombra di dubbio, di gran lunga superiori alle vigenti, foriere perciò di inestimabili suggerimenti dall'architettura alla medicina, dalla fisica all'astronomia, dalla meccanica all'arte militare.

Gli occhiali e i cannocchiali

Leggere i libri, oltre che dalla loro disponibilità e dalla personale curiosità dipende anche dalla vista, che dopo la giovinezza decade per l'irrigidirsi del cristallino. Nel XIII secolo, forse per caso, costruendo quei tondini di vetro che legati con il piombo formavano le vetrate delle grandi finestre, un ignoto artigiano si accorse che, tenendone uno ad una certa distanza dall'occhio, improvvisamente riusciva a vedere nitidi oggetti che da tempo gli apparivano sfocati. E riusciva pure a distinguere la scrittura. Dalla constatazione alla montatura di due di quei dischi a forma di lenticchie, da cui la strana denominazione, il passo fu breve ed essendo grande la richiesta specialmente nei monasteri, per intuibili ragioni, gli occhiali si diffusero rapidamente. Non a caso si ritiene che il primo occhiale sia stato ideato e costruito, con buona probabilità nel 1286, da un frate, Alessandro Spina, presso il convento domenicano di Santa Caterina in Pisa.[32]

Ne parla anche Dante nella sua Commedia, ma se ne trovano precisi riscontri già in alcune relazioni di Roberto Grossatesta (1175-1253) che scriveva in merito: "*questa parte dell'ottica, se perfettamente conosciuta, ci mostra il modo in cui possiamo far*

32 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica...*, cit., pp. 413-420.

In alto, a sinistra: *miniatura tedesca del XV sec. raffigurante un artigiano intento alla piombatura dei dischi di vetro per finestra.*
In alto, a destra: *il cardinal Nicola di Rouen, affresco 1351-52, San Niccolò, Treviso.*
Sopra, a sinistra: *Jan van Eyck, Madonna del canonico van der Paele, 1436, dettaglio, Bruges, Museo Groeninge.*
Sopra: *alcuni occhiali databili al XVI sec..*

apparire vicinissime le cose molto lontane, grandi le cose vicine piccolissime, e grandi a nostro piacere le cose piccole lontane..."[33] Prima ancora Ruggero

33 Da R. GROSSATESTA, *De iride seu de iride et speculo*, in L.BAUR, *Die philosophischen Werke des Robert Grossateste Bischofs von Lincoln*, Munster 1912, pp. 73-74.

Sopra: *Pisanello, studio con testa di tre uomini, inizi XV sec..*
Sotto: *Friedrich Herlin, Gesù a dodici anni al Tempio, dett. 1462.*

Bacone (1214-1294) sullo stesso argomento: "*nel V libro dell'Opus Majus parla con entusiasmo della capacità degli 'Antichi' di ingrandire gli oggetti piccoli e di avvicinare quelli lontani con opportune combinazioni di lenti e specchi (pur non riuscendo ad esporre una teoria ragionevole neppure nel caso di una lente singola).*"[34] E pur essendo pubblicato postumo nel 1611 nel trattato di Francesco Mauriloco (1494-1575), composto verosimilmente verso il 1520, si trova una ennesima nitida esposizione della teoria del cannocchiale, in questi termini: *"possiamo formare vetri così fatti, e siffattamente disposti fra noi e l'oggetto in maniera tale che i raggi siano rifratti e deflessi così che si possano vedere gli oggetti come se fossero vicini...*"[35] Si tratta di un anticipo, tra la seconda metà del XIII secolo e gli inizi del XVI, dell'enunciazione degli occhiali e poi del cannocchiale: i primi richiederanno ancora un secolo per la realizzazione pratica, comparendo nel dipinto del cardinale Ugone di Provenza eseguito da Tommaso da Modena nel 1352. Più complessa, invece, la vicenda del cannocchiale, poiché quasi

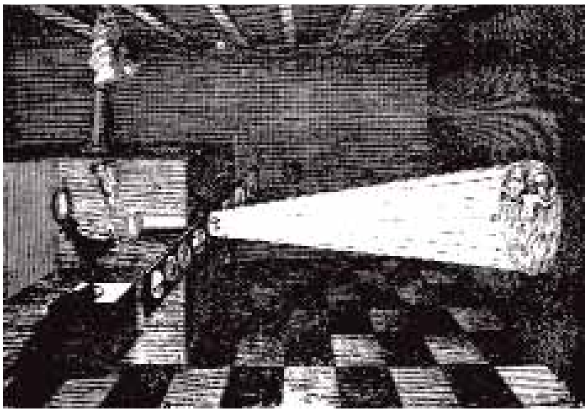
34 Da L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, III ed. Milano 2003, p. 179.
35 Da MAURILOCO, *Photismi de et umbra ad perspectivam et radiorum indicentiam facientes*, Napoli 1611.

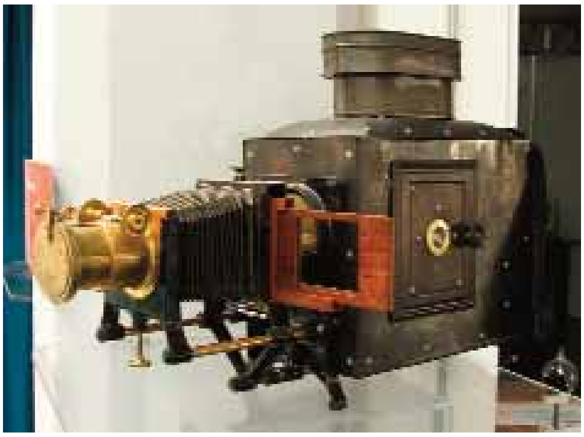
negli stessi anni si iniziano a trovare dei larvati accenni di un presunto e rozzo cannocchiale, che però già ostenta significative potenzialità in ambito militare. Si sa confusamente che intorno al 1352 qualcosa del genere esisteva, ma con estrema chiarezza sarà proposto solo due secoli dopo da Giovan Battista della Porta (1538-1615) che nella sua *Magia Naturalis*, scriveva: "*con la lente concava vedi nitidamente, ma impiciolite le cose lontane, con quella convessa più grandi, ma confuse quelle vicine. Se saprai comporre giustamente le une e le altre vedrai ingrandite e chiare tanto le cose lontane come quelle vicine.*"[36]

La lanterna magica

Stando alle fonti scritte, la più antica menzione di un dispositivo per proiezione di immagini dipinte su vetro risale al 1646, secondo la descrizione fornitaci dal gesuita Athanasius Kircher (1602-80).[37] Tutto, però, induce a credere che qualcosa del genere fosse già esistente, ma bisogna attendere il 1678 perché il fisico Christiaan Huygens gli desse il nome di *lanterna magica* e lo menzionasse fra le sue invenzioni; don Matteo Campani, poi, ne avrebbe costruito un primo esemplare in Italia nel 1678, e il nuovo strumento da quel momento si diffuse rapidamente, divenendo per la tecnologia il capostipite della fotografia e della cinematografia.

Stando alle fonti iconiche, invece, la lanterna magica è perfettamente disegnata, per forma e funzione, con una dettagliata raffigurazione della lastra e della sua proiezione ingrandita sulla parete, dall'ingegnere Giovanni Fontana, nel suo manoscritto *Bellicorum instrumentorum liber, cum figuris et fictitys litoris conscriptus* la cui stesura è collocata dagli studiosi tra il 1420 ed il 1440. Di lui si conosce, in verità, molto poco: forse nacque intorno al 1395 a Padova e scomparve verso il 1455. Sappiamo ancora, sebbene sempre nebulosamente, che nella stessa città studiò medicina, intorno al 1418, divenendo medico militare per la Repubblica Veneta, restando in servizio tra il 1420 ed il 1432 nei pressi di Brescia. Si occupò di storia naturale e di fisica, al punto da reputarsi piuttosto uomo di scienza che ingegnere militare. Scrisse un cospicuo numero di opere, di cui ci rimangono due codici ed un manoscritto, trattazioni ovviamente in buona parte rigorosamente cifrate e che solo di recente sono state volte in chiaro.





In alto: *Johannes Fontana, Bellicorum instrumentorum liber, fol. 70r.*
Al centro: *lanterna magica del XVII secolo.*
Sopra: *un esemplare di lanterna magica settecentesca.*

36 Da L. CASTALDI, *I microscopi costruiti da Galileo*, con notizie sugli inizi del telescopio, Firenze 1942.
37 Cfr. A. KIRCHER, *Ars Magna Lucis ed Umbrae*, Roma 1646.

De Arte Nautarum

Scontro navale con lanciafiamme, XII sec.
Codex Skylitzes Matritensis, Bibliteca Nacional de Madrid, Vitr. 26-2, Bild-Nr. 77, f 34 v. b.

Militaria mirabilia

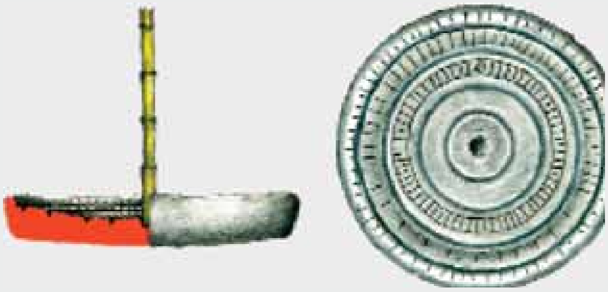
Il calamo

Il primo [itinerario] *da Pelusio attraversa il deserto, dove, la via non si trova se non conducano i calami,* [cannucce per scrivere] *ben infisse, dato che il vento cancella immediatamente ogni orma.*

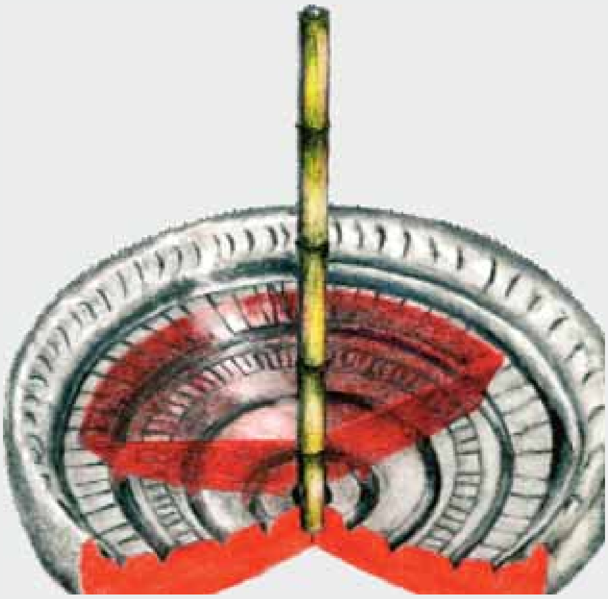
Gaio Plinio Secondo,
Naturalis Historia, VI, 167

Un millennio dopo: la calamita

Le cannucce, che appuntite i Romani adoperavano come penne per scrivere, per Plinio indicavano la direzione stando ben infisse, ovviamente non nella sabbia, bensì al centro di una piccola meridiana a forma di piatto, dove a mezzodì proiettavano esattamente verso nord l'ombra, la più corta del giorno. Ruotandolo al trascorrere delle ore, il piatto continuava ad indicare sempre il nord, meritandosi la definizione di *bussola solare*. L'esistenza di un siffatto strumento sarebbe rimasta una mera ipotesi se, in una grotta di Qumran, sul mar Morto, non si fosse trovato un grezzo piatto concavo, di circa 145 mm di diametro, con al centro un alloggiamento di 10 mm per una cannuccia e attorno più incisioni anulari concentriche con rozze tacche. Del vino versatovi dentro, lambendone interamente una, garantiva la orizzontalità del piatto, la verticalità della cannuccia e perciò la corretta misura dell'ombra di mezzodì, quella indicante il nord.
E quando si vide, quasi un millennio dopo, che infilando una scheggia di magnetite in una cannuccia per scrivere, posta a galleggiare sull'acqua, si orientava anch'essa verso il nord, da *calamo* quel rudimentale ago fu chiamato *calamita* e lo strumento *bussola magnetica*: "*È risaputo da tutti gli esperti*



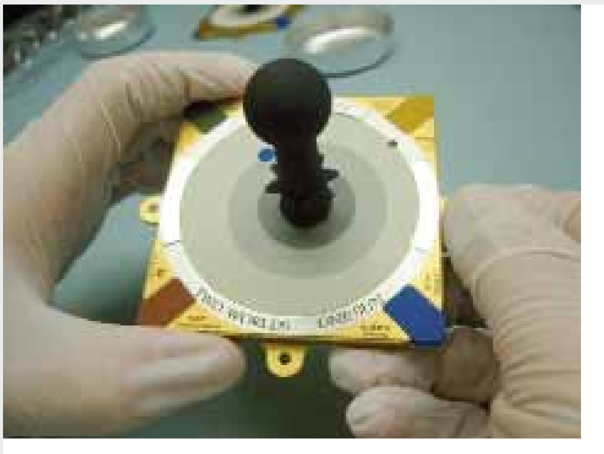
A fianco, dall'alto: *il banco di roccia di Qumran con le varie grotte; il disco di Qumran; pianta e sezione dello stesso.*



che quando un ferro allungato tocca la pietra 'calamita' ed è fissato ad una cannuccia leggera, ed è posto in acqua, una parte si muoverà verso la stella che è chiamata nautica, perché vicina al polo; ma è verità che non si muove verso detta stella ma verso il polo."
Petrus Peregrinus, *Epistula de Magnete*, 1269

Due millenni dopo: il Mars Dial

Su Marte la durata della giornata e l'inclinazione dell'asse sono quasi uguali alle terrestri, 24h 37m l'una e di 25°19' l'altra; irrilevante per contro il campo magnetico. Impossibile perciò orientarsi con la bussola tradizionale per cui, sui veicoli destinati alla ricognizione marziana, scartato il giroscopio, complesso e delicato, si optò per l'arcaica bussola solare.
Costruita con materiali di sofisticata tecnologia, ma sempre scandita da cerchi concentrici ed asticciola centrale, ribattezza *Mars Dial*, si piazzò sulla poppa dei due *rover*, lo *Spirit* lanciato il 10 giugno 2003 e l'*Opportunity* il 7 luglio seguente. Basilare il suo apporto per la mappatura delle rispettive scorribande, senza alcun aggravio al loro bilancio energetico. Collocata in favore delle telecamere, infatti, ha costantemente notificato la direzione di marcia, l'ora solare e, per giunta, grazie a quattro spigoli di vari colori, la precisa taratura cromatica delle riprese.



In alto, a sinistra: *ricostruzione grafica del disco di Qumran con la sua cannuccia.*
In alto, a destra: *bussola solare di Austin e John Burt, 1860 ca..*
Al centro ed a fianco: *la bussola solare Mars Dial; uno dei due rover: sulla poppa ben visibile la bussola solare; dettaglio di una ripresa con grandangolo del suolo marziano: al centro la Mars Dial.*

Parte Sesta:
Navi, strumenti nautici ed attrezzature subacquee

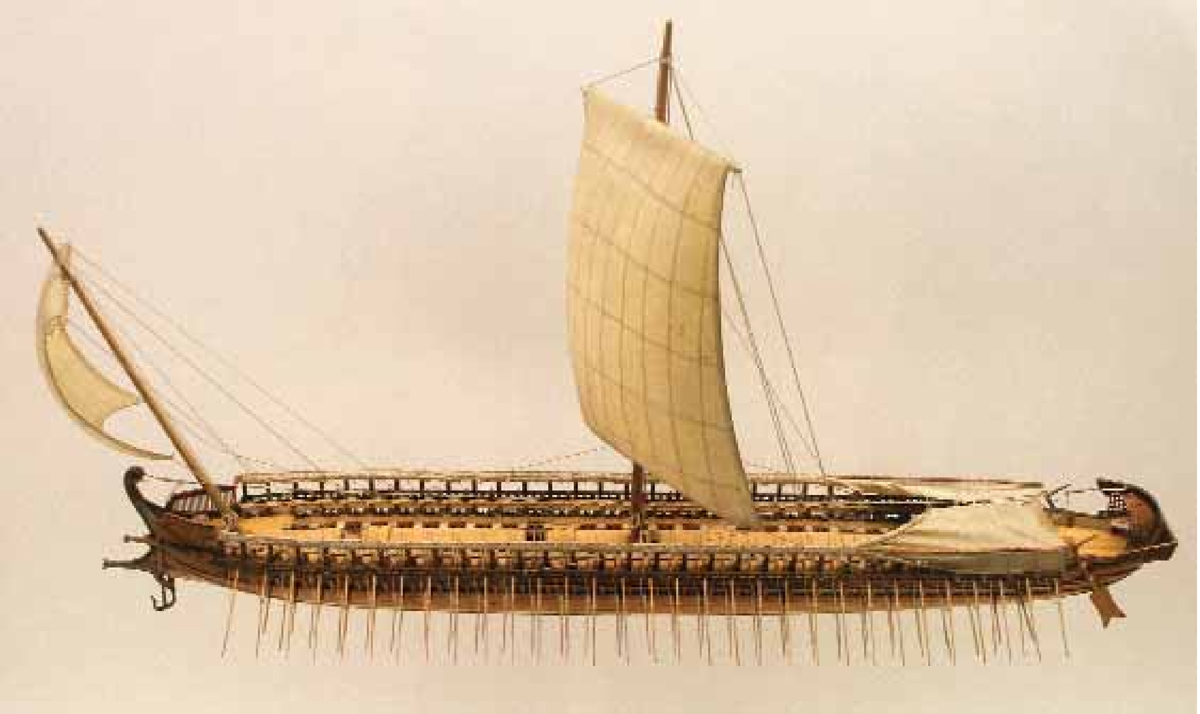
Le prigioni di legno: galere da guerra e da commercio

Nell'antichità classica la soluzione escogitata per la propulsione autonoma delle grandi navi fu basata sulla moltiplicazione dei remi, schierandoli in fila lungo le fiancate. La disposizione fu definita *ordine* e presto, per incrementare la potenza erogata, sfalsando la collocazione dei rematori[1] la si duplicò e poi triplicò, dando origine alle biremi ed alle triremi. Quest'ultima fu la nave da guerra per antonomasia dell'antichità, adottata sia dai Cartaginesi che dai Romani nell'allestimento con un solo uomo per remo o con due.[2]

Dalla trireme derivò nel Medioevo la galea, o galera, nome guadagnatosi per la sua somiglianza col delfino: a differenza delle più antiche, infatti, la vera novità delle nuove navi da guerra stava nell'abolizione del rostro a pelo d'acqua, ideale per sfondare

1 Cfr. F.RUSSO, F.RUSSO, *79 d.C. Rotta su Pompei. Indagine sulla scomparsa di un ammiraglio,* Napoli 2007, pp. 126-183.
2 Cfr. V. FOLEY, W. SOEDEL, *Antiche navi da guerra a remi,* in Le Scienze n°129, pp. 95- 106. Per ulteriori ricerche in materia cfr. E. CECCHINI, *Tecnologia ed arte militare,* Roma 1997, pp. 48- 50.

Sopra, a destra: *Museo dell'Acropoli di Atene. Un antico bassorilievo con trireme scoperto da Charles Lenormant nel 1852.* A fianco: *la trireme Olimpia in navigazione. Si tratta di una ricostruzione attuale realizzata in Grecia e basata su un accurato studio archeologico e navale. Viene utilizzata per verifiche di archeologia sperimentale.*

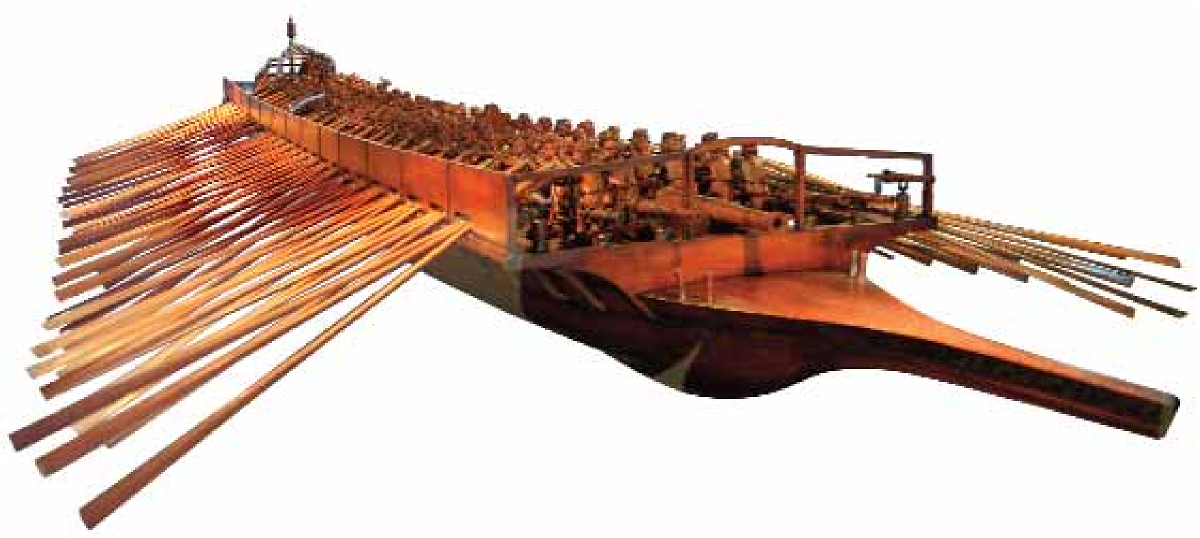


gli scafi nemici e nell'adozione dello sperone simile a un bompresso per spezzarne il palamento. Logica di combattimento diversa, che mira a catturare le navi e i loro equipaggi, piuttosto che a distruggerli, essendo sia le une che gli altri di rilevante valore e facilmente riutilizzabili. E qui insiste l'aspetto peggiore della vicenda: gli uomini ai remi delle galee, a differenza di quelli sulle unità greche e romane, non erano liberi ma forzati, condannati o schiavi catturati, e quindi costretti a quella spossante fatica dagli aguzzini[3]: non a caso galera ed aguzzini sono passati nella nostra lingua col significato di dura detenzione e di carnefice assillante.

Per strano che possa sembrare, la trireme e la sua stretta derivata, la galea, rappresentano i mezzi militari che vantano lo stato di servizio più lungo, protrattosi per quasi tre millenni, dalla guerra di Troia all'età di Napoleone. La connotazione di queste navi, infatti, restò sostanzialmente immutata: nel Medioevo si ebbe una più razionale elaborazione degli scafi riservando quelli più sottili, con un maggior coefficiente di finezza, alla guerra e quelli più larghi e tozzi, al commercio.[4] Ma si tratta di definizioni di

3 Cfr. A. GUGLIELMOTTI, *Vocabolario marino e militare*, Roma 1889, alla voce: *bonavoglia o buonavoglia*.
4 Cfr. F. C. LANE, *Le navi di Venezia fra i secoli XIII e XVI*, Torino 1983, pp. 44-48.

In alto: *ricostruzione di triremi greca, Deutsches Museum, Monaco, Germania.*
A fianco: *dettagli del rostro di bronzo di triremi Olimpia.*



Sopra: *modello in legno di una galea veneziana, Museo storico navale di Venezia.*
Sotto: *modello di una galea sottile maltese battente le insegne dei Cavalieri Ospitalieri di San Giovanni di Gerusalemme, di Rodi e di Malta, Museo storico navale di Venezia.*

massima, poiché entrambe le tipologie, se necessario combattevano e se utile caricavano mercanzie. Una marginale modifica fu introdotta sul finire del Medioevo nel disporre i banchi di voga sul ponte di coperta e non sotto, con un unico ordine, dove 3-4 ed a volte anche 5 uomini per remo, rivolti verso la prua della nave ed in piedi, o ritmicamente in piedi, azionavano lo stesso remo, sistema definito a *scaloccio.*

L'Arsenale di Venezia, nel quale a partire dal XII secolo si costruivano ed armavano le galee della flotta della Repubblica veneziana, va riguardato per l'epoca come il maggiore polo industriale esistente, capace di occupare stabilmente migliaia di maestranze, addetti a produzioni seriali standardizzate. Quale fosse l'esito di quella rivoluzionaria impostazione che, di fatto, precedette la catena di montaggio, lo dimostra il varo di ben 25 unità nel solo mese di maggio, quasi una al giorno, antecedente alla battaglia di Lepanto del 1571!

Altra significativa novità della galea del XV secolo è l'adozione dell'artiglieria a bordo resa possibile dalla rielaborazione delle bocche da fuoco. Un grosso cannone a prua, in asse con la nave ed alcuni più piccoli paralleli sulla rembata: per brandeggiare doveva ruotare l'intera

In alto, a sinistra: *nave da guerra assira di produzione fenicia, VII secolo a.C., da Ninive, Londra, British Museum.*
In alto, a destra: *la costruzione di una nave tondo presso l'arsenale di Venezia.*
Al centro, a destra: *dettaglio dell'Arsenale in una mappa di Venezia, tratta da Braun e Hogenberg , Civitates Orbis Terrarum, I43, 1572.*
A fianco: *l'entrata dell'Arsenale, dipinta da Canaletto, 1732.*

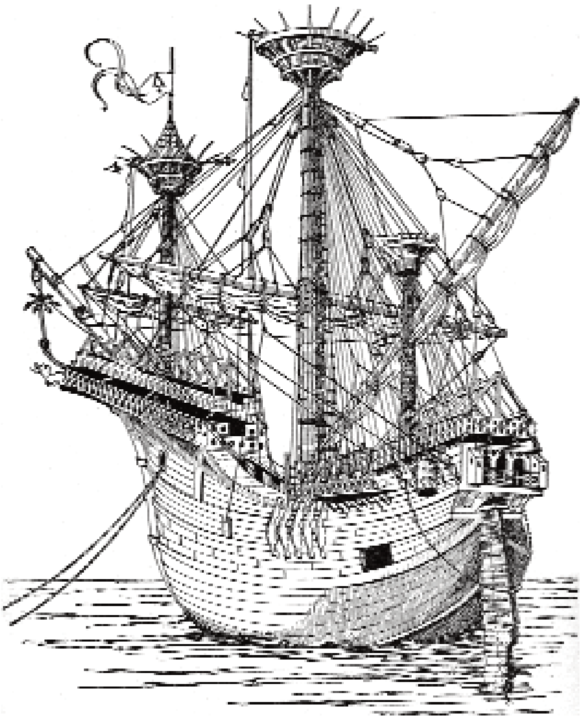
nave, un po' come negli aerei da caccia della seconda guerra mondiale. In ogni caso andavano usati con estrema cautela poiché, con le loro sollecitazioni, potevano più facilmente danneggiare la propria nave che quella nemica con gli impatti balistici.[5]

Sempre nell'ultimo Medioevo si diffusero delle navi tonde, con capienti scafi e con una ridondante alberatura, capaci di navigare a vela su grandi distanze. Dotate nel giro di alcuni decenni di un abbondante armamento, che per la mancanza dei palamenti si poteva disporre in batteria lungo le fiancate, si trasformarono progressivamente nei vascelli per la navigazione civile e militare negli oceani. Nel Mediterraneo, invece, per cause imputabili soprattutto alla scarsità dei venti, la galera[6] continuò a restare la nave da guerra per antonomasia, anche se diveniva sempre più difficile trovare i disgraziati rematori. Il maggiore Stato preunitario italiano, il Regno di Napoli, pur essendo caratterizzato da città costiere non riuscì mai in età moderna a disporre di più di 21 galee per mancanza di ciurme, nonostante gli sforzi dei tribunali che condannavano al remo con estrema facilità.

Quale fosse la situazione vigente a bordo di quelle galere galleggianti lo si può immaginare ricordando che sull'unico ponte, incatenati ai banchi vi erano circa un paio di centinaia di forzati, e che nel restante spazio dei circa 250 mq complessivi, dovevano sistemarsi l'equipaggio marittimo e il contingente militare, per un totale di almeno altri 2-300 uomini! Praticamente 500 persone, molte di più

5 Cfr. F. BRAUDEL, *Le strutture del quotidiano*, Torino 1982, pp. 360-362.
6 Cfr. J. MERRIEN, *La vita di bordo nel Medioevo dai Vichinghi alle galee*, Torino 1973, pp. 163-216.

In alto, a sinistra: *l'artiglieria di una galera del XV-XVI sec..*
A fianco, dall'alto: *alcune ricostruzioni di navi mercantili e da guerra medievali con armamento velico ed a remi.*



della stragrande maggioranza dei centri abitati, con una densità di 2 uomini per mq, per cui nessuno poteva sdraiarsi sulle tavole: la maniacale igiene vigente a bordo era solo un tentativo per evitare epidemie, che con discreta frequenza decimavano gli equipaggi. Il cibo era dato una volta al giorno, sull'imbrunire per nasconderne la natura: in pratica un intruglio di galletta sbriciolata ed acqua, con abbondante aceto per coprire il sapore di rancido, da cui appunto *rancio*.

Le Crociate e gli usceri

La galea costituì un mezzo da guerra sostanzialmente immutabile, utilizzato da tutte le potenze mediterranee per la guerra navale per la sua autonomia motrice e governabilità, simile a quella di una odierna nave a due eliche. I mercantili, invece, erano per lo più piccoli scafi panciuti ed alti, e solo con le Crociate debuttò un nuovo tipo di unità navale, imposto proprio dalla guerra: gli *uscieri*. L'esigenza scaturiva dal bisogno di trasportare in Terra Santa oltre ai cavalieri anche i cavalli[7], e questi richiedevano delle particolari accortezze per essere caricati a bordo e custoditi durante la navigazione. Non essendo possibile sollevarli con i picchi di carico e deporli semplicemente nelle stive, si praticò sul fianco della nave, nella fattispecie un mercantile, un adeguato varco, un 'uscio', munito di relativo portello, dinanzi al quale si agganciava una rampa, o poggiava una passerella fino alla banchina, simile ad un corvo. I cavalli, pertanto, venivano fatti passare, probabilmente bendati sulla stessa e quindi imbracati con apposite cinghie, in maniera che sfiorassero appena il ponte con gli zoccoli, senza ferirsi per gli urti durante la navigazione. L'uscio, terminata l'operazione, veniva richiuso per essere riaperto al porto di destinazione.

L'idea per quanto ingegnosa non era priva di pericoli, poiché la chiusura costituiva inevitabilmente il punto più debole dello scafo che, non di rado, durante le tempeste le onde strappavano via, provocando la perdita dell'intera nave. Uno dei rimedi escogitati fu quello di inchiodarlo direttamente alle ordinate e ai correnti appositamente predisposti, e calafatare ogni giunto del suo tavolato per scongiurare qualsiasi infiltrazione. In pratica si realizzava così una sezione di fasciame mobile, espediente che ridusse di molto i rischi ricordati. Concettualmente l'*usciere* è il primo trasporto munito di rampa, un antesignano mezzo da sbarco di veicoli da combattimento!

La navigazione d'altura ed i suoi strumenti

La navigazione oceanica delle navi tonde, a differenza di quella mediterranea che poteva avvenire solo senza perdere di vista la terra, di capo in capo cioè *cabotando*, richiedeva, oltre a scafi alti e robusti per resistere alle onde, anche capacità di orientamento con strumenti idonei e conoscenze astronomiche non elementari. Alcuni di tali strumenti non vantavano precedenti o similari per le identiche fun-

7 Cfr. Cfr. J. MERRIEN, *La vita...*, cit., pp. 136-142.

In alto, a sinistra: *il ponte di una galera del XIV sec..*
In alto, a destra: *raffigurazione di un usciere medievale.*

zioni nell'antichità, sebbene non fossero, in linea di principio, del tutto ignoti agli uomini di scienza. Tra questi spiccano la clessidra, l'astrolabio e la bussola, nessuno dei quali, come accennato, costituiva una vera ed assoluta novità ma lo diveniva per il diverso impiego e per i rilevanti adeguamenti resisi necessari per quel conseguimento, a volte talmente stravolgenti da tramandare della originaria connotazione solo il nome.[8]

La clessidra

Fu questo il caso della clessidra, che nata originariamente come misuratore parziale del tempo tramite lo stillicidio dell'acqua, fatta defluire da un vaso tronco-conico di dimensioni regolarizzate, divenne proprio nel Medioevo quella che oggi conosciamo. In pratica due ampolle uguali, contrapposte e unite per il collo, con una piena di fine sabbia: ponendola quest'ultima al di sopra delle vuota, la sabbia scendendo lentamente dal piccolo foro di colle-

8 Cfr. P. DELL'AMICO, *Navi e archeologia. Le ancore, i rostri, le sentine e i timoni*, Roma 1999, allegato alla *Rivista Marittima* febbraio 1999.

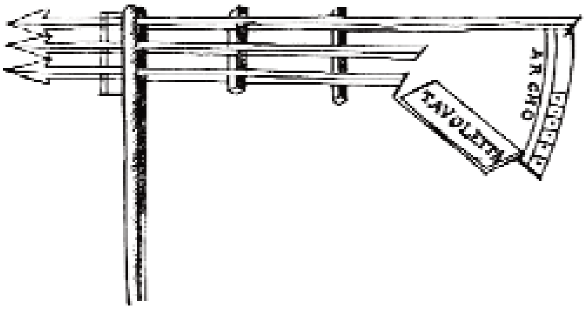
In alto, a sinistra: *miniatura medievale con clessidra a sabbia.*
In alto, a destra: *ricostruzione di clessidra a sabbia.*
A fianco: *clessidra per impiego navale e sua custodia.*

gamento, a travaso completato scandiva l'esaurimento di una data quantità di tempo. La durata, tuttavia, che già con l'uso si accorciava per riduzione del diametro dei granelli, variava in maniera ancora più significativa ed immediata quando la clessidra veniva scossa, situazione tipica precipua della navi in mare aperto. Limite che ne impedì l'uso per la determinazione della longitudine, ovviamente insieme alla difficoltà di girarla istantaneamente ad ogni fine ciclo, consentendone però l'impiego per il calcolo della velocità con il solcometro, altro strumento comparso nel Medioevo.

Il solcometro

Quando la navigazione avveniva a vela, la velocità del natante era funzione di quella del vento, per cui si preferì inizialmente misurare piuttosto che lo spazio percorso in mare in un determinato lasso di tempo, la forza del vento. La grande approssimazione, che in entrambi i casi vigeva, rendeva le due misurazioni di pura supposizione, la prima più ancora della seconda, essendo dedotta con una sorta di anemometro angolare, riscoperto da Leon Battista Alberti e così da lui descritto, proprio per l'impiego navale:

"Ma voglio dirvi un modo certo a sapere quanto la vostra fusta vada per ora a qualunque vento la muova: fate così. A conoscere quanto navighi una vela ponete il vostro pennello, fatto non di piume ma di legno, fitto nella sua astola, e abbiate un'assicella sottile quanto un cuoio, lunga un pie', larga quattro dita appiccata con due gangheretti giù basso ala coda del pennello ultima, in modo ch'ella si muova non qua e là, verso destra e sinistra qual fa il suo pennello, e come fanno gli usci, ma su e giù come fanno le casse quando l'aprite e serrate: e sievi una parte d'un arco qual penda in giù, attaccato in modo che quando questa assicella starà più alta o più bassa secondo che sarà spinta dalla qualità del vento, voi possite ivi nel detto arco tutto segnare. E per più chiarezza vostra eccovi qui a pie' la similitudine di quest'asse, pennello, ed arco. Questo non bisogna persuadervi che quando non trarranno venti questa assicella penderà giù a dirittura; e quando sarà poco vento questa poco s'alzerà; e quando sarà forte ella starà sollevata assai. Convienvi avere adunque notato e ben considerato altrove a' luoghi noti a voi quanto la vostra fusta corre per ora, e per quanto vento l'assicella s'alzi a questo o quest'altro segno dell'arco, con quante vele, e tanto alte come diritte, con quanto carico e quanti remi, e quanto di timone in acqua e simile; e questi segni e notazioni ponetele che vi siano bene certissime e presenti. Adunque navigando porrete mente la vostra fusta quante ore corse per il vento de tal segno dell'altre circostanze a voi note, e così arete certa notizia del vostro viaggio, e non converrà arbitrare per latre congetture le miglia com'oggi e' marinai."[9]



Lo strumento descritto da Leon Battista Alberti era in ultima analisi un anemometro: è significativo osservare che la sua intuizione di misurare la velocità di un mobile stimando quella del vento, o dell'aria che si sta attraversando, trova applicazione attualmente sugli aerei, il cui *airspeed* è in realtà un anemometro a tubo di Pitot.

Per stabilire la velocità delle navi, invece, si preferì misurarla rispetto all'acqua solcata, con un apposito

9 Cfr. L. B. ALBERTI, *Ludi matematici,* Milano 1980.

In alto: *l'anemometro di Leon Battista Alberti.*
A fianco: *ritratto di Leon Battista Alberti.*

strumento detto, appunto, *solcometro*, nome molto supponente, ma in pratica costituito da un semplice imbuto o da una tavoletta, detto *barchetta*, legati con tre corde, nel primo alla bocca e nel secondo agli spigoli, fissate a una sagola, scandita a intervalli regolari da nodi. Si gettavano in mare, filando la sagola nel palmo della mano: per la forte resistenza idrodinamica il solcometro restava sempre più indietro alla nave, tirando perciò altra sagola. Lasciandola scorrere se ne contavano i nodi via via che passavano, mentre una piccola clessidra, di pochi minuti, posta in un robusto contenitore di bronzo, consentiva di effettuare il rapporto tra lo spazio percorso, i nodi, ed il tempo impiegato, le sue inversioni. Riportando il tutto alla durata di un'ora si aveva la velocità media della nave, definendola soltanto con il numero di nodi, definizione tutt'ora vigente.

È interessante ricordare che il sistema adottato in precedenza consisteva nel gettare un pezzetto di legno a prua, e contare i battiti del cuore fino a quando non lo si vedeva passare a fianco alla poppa, assumendo come unità di misura lineare la lunghezza dello scafo e temporale il numero dei battiti!

L'astrolabio navale

L'astrolabio, in età classica, era una sorta di sfera armillare sulla quale poteva effettuarsi la proiezione dei corpi celesti. In epoca medievale per gli usi topografici fu notevolmente semplificato, divenendo una piastra circolare, graduata sulla periferia e munita di un'alidada per traguardare con perno di rotazione nel centro del disco. Lo strumento, durante le osservazioni zenitali, era tenuto sospeso per un anello, posto in corrispondenza dell'inizio della gradazione, per cui si faceva coincidere la verticale con lo zero; per quelle azimutali, invece, peraltro più rare, il disco veniva adagiato su di un galleggiante posto sull'acqua dentro un bacile, assetto perfettamente orizzontale.[10]

L'astrolabio era composto da un disco madre con perno centrale e con tacca superiore di fede; da un timpano che si inseriva all'interno del primo, infilandolo sullo stesso perno, e recante incise le linee altitudinali e azimutali corrispondenti ad una latitu-

10 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica. Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento,* Torino 1974, vol. II, pp. 54-59.

A fianco: *anemometro o airspeed per aereo databile agli anni '20.*
Sotto: *astrolabi per impiego navale del XVI sec..*

raggi, per ridurre la presa del vento. Traguardando la stella polare con l'alidada si ricavava la latitudine locale con discreta precisione: la stessa operazione si poteva effettuare anche con il sole ma, in tal caso, era necessario apportare delle correzioni alla lettura.

Così modificato, l'astrolabio navale sopravvisse per circa due secoli, senza sensibili modifiche, come certificano esemplari praticamente identici ma fortemente divaricati nel tempo.

La bussola

Al pari della maggior parte delle invenzioni, anche la bussola, che con la stampa e la polvere pirica è una delle basilari realizzazioni medievali con le più ampie conseguenze, come noi la conosciamo, non comparve all'improvviso, ma dopo un lungo itinerario evolutivo, i cui prodromi già si scorgono in età ellenistica, se non addirittura fenicia. La bussola, infatti, è uno strumento che soddisfa una fondamentale esigenza nautica che era, e resta, l'indicazione di una precisa direttrice facente capo ad un punto di riferimento fisso invisibile, valido perciò anche col cielo coperto o nella più fitta nebbia. Oggi, per la medesima finalità si usano girobussole, radiobussole, bussole satellitari e, in emergenza, persino, bussole solari, strumenti che forniscono tutte l'identica prestazione ognuno, però, col proprio criterio informatore rispetto a quello, puramente magnetico, della bussola per antonomasia, che la tradizione vuole dell'amalfitano Flavio Gioia.[11] La comune definizione

dine data; da un altro disco ancora con incisa la mappa delle stelle più importanti, ed ovviamente da un cuneo di bloccaggio. L'impiego dello strumento implicava la disponibilità e la conoscenza delle effemeridi, nonché una serie di operazioni effettuate ruotando i vari quadranti.

Operazioni del genere, ovviamente, risultavano del tutto impraticabili a bordo di una nave, anche nelle migliori condizioni del mare e del cielo: l'oscillazione, infatti, impediva un corretto a piombo dell'astrolabio ed il vento, facendo presa sulla sua larga superficie, lo spostava continuamente. Ne vennero tuttavia progettati alcuni per esclusivo impiego navale. Le loro peculiari caratteristiche erano il notevole peso, la semplificata gradazione, limitata ai soli 360° della corona, una massa inferiore per stabilizzarne la verticalità e una serie di grandi fori sul quadrante, che lo rendevano simile a una ruota a 4

11 Cfr. A. PARLATO, *Flavio Gioia e la bussola,* Napoli 2003, pp. 41 e sgg..

In alto: *astrolabio spagnolo per impiego navale del 1580 ca. Londra, National Maritime Museum, Greenwich.*

di *bussola* per strumenti tanto diversi, ribadisce la correttezza di reputare tale pure nel passato ogni strumento, capace di indicare una direzione cardinale, prescindendo dalla sua concezione.

È certamente vero che gli antichi navigavano cabotando, ma per evitare interminabili peripli si affrontarono, forse già dal primo millennio a.C., rotte dirette dal nord Africa alla Sicilia, alla Calabria o alla Sardegna. In quei viaggi, per uno o due giorni, non si scorgeva più terra, dipendendo perciò la direzione seguita da osservazioni astronomiche e, forse, da un semplice strumento efficace per l'orientamento, non a caso definito *bussola pelasgica*, di oscura origine ma di chiaro funzionamento.[12] Sopra dell'Equatore, nell'emisfero settentrionale, l'ombra proiettata da un'asta verticale, ad esempio di un obelisco, a mezzogiorno indica esattamente il nord geografico, a Londra, a Roma o ad Alessandria. Conoscenza acquisita sin dal V secolo a.C. e verificata con la costruzione delle meridiane, sempre fisse, sia con lo gnomone inclinato che verticale. Tuttavia, esistevano anche piccole meridiane portatili, utilizzabili perciò come vere bussole solari: in sintesi, un disco di legno o di terracotta, della grandezza di un piatto, con una cannuccia al centro e vari cerchi concentrici divisi da raggi o tacche orarie. Posta sull'acqua di un bacile, che smorzava il rollio della nave rendendola orizzontale, grazie ai cerchi concentrici con l'ascendere del sole evidenziava il contrarsi dell'ombra che, giunta al minimo, indicava il mezzogiorno ed il nord. Usando una clessidra, ora dopo ora si portava a coincidere l'ombra con i successivi raggi del disco, per cui la prima direttrice continuava ad indicare il nord fino al tramonto.

I Romani conobbero ed usarono tale strumento, senza mutarne il nome greco di *pinax Πίνακες*, letteralmente *quadretto*: in origine, infatti, una tavoletta raffigurante Persefone usata come offerta votiva. Da quella derivò la tavola con sopra incisa una stella ad otto punte, ciascuna relativa ad un vento, otto direzioni come quelle della Torre dei Venti di Atene[13], stella che, stando alle fonti, veniva spesso dipinta sulla tolda delle navi da guerra romane, munendola di una rudimentale alidada a due

12 Cfr. F. RUSSO, *Un ago e un disco per girare il mondo*, in *Medioevo* n° 164, agosto 2010.

13 Cfr. MARCO VITRUVIO POLLIONE, *De architectura*, lib. I, XI.

In alto: *statua di Flavio Gioia ad Amalfi, opera di Alfonso Balzico.*

traguardi per indicare il nord, oltre al mezzodì locale. Una rosa simile era pure la stella macedone nonché quella affrescata sul soffitto della tomba delle Bighe a Tarquinia, che fornivano una direzione approssimata di 22° 30 più che sufficiente per la navigazione dell'epoca.

Apprese le elementari cognizioni, lo strumento era di sicuro affidamento, ovviamente col sole e perciò utilissimo anche ai cammellieri che attraversavano il deserto, persino di più che ai timonieri. Un esemplare del genere, come accennato, è forse quello ritrovato a Qumran in Cisgiordania, in grado di funzionare perfettamente con il sole, che non manca quasi mai, non così sul mare, per cui orientarsi con una bussola siffatta, se accettabile nel Mediterraneo, diveniva molto rischioso quando si navigava nei mari nordici, tra nebbie, brume e tempeste. Fino a pochi anni fa, non a caso, costituiva un vero mistero come i Vichinghi riuscissero ad orientarsi in quell'opaca immensità e, solo di recente, se ne è compresa la modalità dando concretezza alla leggenda delle *pietre solari*.

In mineralogia è noto, ed abbastanza diffuso, il curioso fenomeno del *pleocroismo*[14], ovvero la peculiarità di alcuni minerali trasparenti, di mutare colore secondo l'angolo d'incidenza dei raggi solari che li trapassano. Una manifestazione di anisotropia ottica, data dalla diversa polarizzazione che subisce la luce all'interno del minerale, in base alla sua direzione di provenienza. Tipico il caso della tormalina, che può considerarsi una *polaroid* naturale, e più ancora della *iolite* o *cordierite* che mutano la colorazione dal giallo al blu violetto. In pratica, ruotando un ve-

14 Cfr. *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Verona 1966, vol. VIII, pp. 47 e sgg. alla voce *pleocroismo*.

Nella pagina a fianco: *la Torre dei Venti, detta horologion, ottogonale in marmo pentelico è situata nell'agorà romano di Atene.*
In alto, a sinistra: *una bussola solare ottocentesca.*
In alto, a destra: *una meridiana da tasca di epoca moderna.*
In basso, a sinistra: *una meridiana a quadrante circolare orizzontale e gnomone perpendicolare.*
Sotto: *un blocchetto di cordierite o pietra solare.*

trino di *cordierite*, la luce da esso filtrata da celeste diverrà d'un intenso violetto, soltanto in coincidenza con un precisa direzione, trasformandosi così in una sorta di bussola, capace di funzionare anche con sole coperto, avvenendo ugualmente la polarizzazione della sua luce. Stando ad alcune saghe, questa fu la tecnica con cui si orientavano i Vichinghi[15] nelle navigazioni settentrionali, dove la visione del sole è più un'eccezione che la norma. In molte chiese d'Islanda nel corso del XIV secolo è segnalata la conservazione di tali misteriose pietre, e dal momento che quei mari erano già stati solcati dalle navi romane, come si vantò nelle sue *Res Gestae* Augusto[16], riesce difficile immaginare una navigazione fin quasi alle Orcadi o forse all'Islanda, senza un tale ausilio trattandosi, per giunta, di un minerale facile da reperire e di un fenomeno facile da osservare.

Per trovare i primi riferimenti ad una bussola magnetica propriamente detta, al di là della mitica cinese, occorre attendere il 1269 e l'assedio angioino di Lucera, dove stavano asserragliati gli ultimi saraceni fedeli agli Svevi. Nella circostanza fu convocato l'ingegnere francese *Petrus Peregrinus* di *Maricourt* il quale vi rinvenne un curioso strumento, la *buxidia*, o *pixidis nautica* che così descrisse:

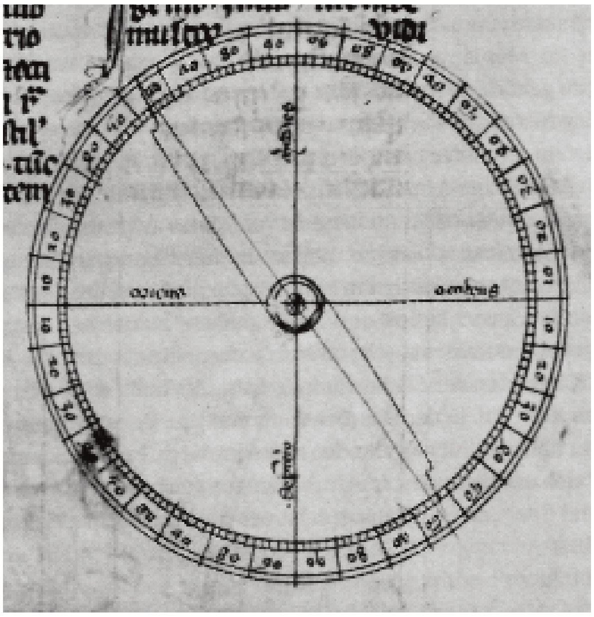
"si prende un recipiente di legno, di rame o di altra materia, che sia rotondo come una scodella, poco profondo e sufficientemente ampio, e vi si pone sopra una copertura di materiale trasparente, come vetro o cristallo; meglio ancora se tutto il contenitore fosse di materia trasparente. Si mette poi in mezzo ad esso un asse fisso di rame o d'argento, inserendo le sue estremità sul coperchio e sul fondo del vaso; è necessario che in mezzo all'asse vi siano due fori che s'incrocino perpendicolarmente, per uno dei quali passi uno stilo di ferro a maniera d'ago, per l'altro uno stilo d'argento o rame che incroci quello di ferro ortogonalmente".[17]

Si tratta di un archetipo di bussola magnetica *a secco*, un notevole perfezionamento di quella, già ricordata, costruita con un frammento di magnetite infilato in una cannuccia posta a galleggiare sull'acqua. Pertanto, intorno alla metà del XIII secolo, esisteva una bussola magnetica ad ago rotante in un *bossolo*, da cui traeva il nome, che tuttavia non poteva funzionare in navigazione per il moto del mare. E qui entra in gioco la Repubblica d'Amalfi ed il suo ipotetico Flavio Gioia. Infatti, come è stato dimostrato da vari studiosi d'indubbia competenza, quel nome è l'esito di un equivoco, che scambiò un riferimento all'invenzione della bussola di Flavio (Biondo) per il supposto inventore Flavio (Gioia).

15 Cfr. G. JONES, *I Vichinghi avventura di una civiltà*, Roma 1978, pp. 202-203.
16 OTTAVIANO AUGUSTO, *Res Gestae, Pars tertia*, cap. 26.

17 Cfr. P. PEREGRINUS, *Epistula ad Sygerum de Foucaucourt, 8 agosto 1269*; ed anche *Pietro Peregrino di Maricourt e la sua epistola*, Roma 1868.

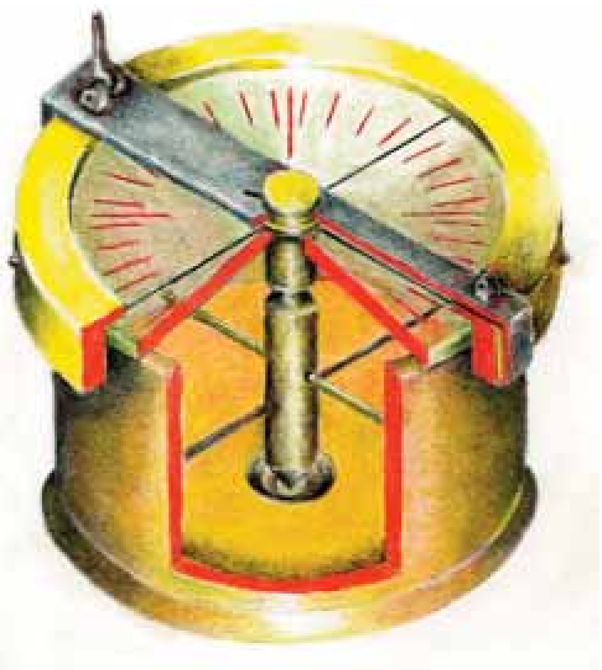
In alto, a sinistra: *lapide con incise le Res Gestae di Augusto tratta dal Monumentum Ancyranum.*
In alto, a destra: *monumento con ricostruzione della archetipale bussola magnetica cinese per impiego terrestre, non essendo in alcun modo possibile il suo funzionamento su di una nave.*

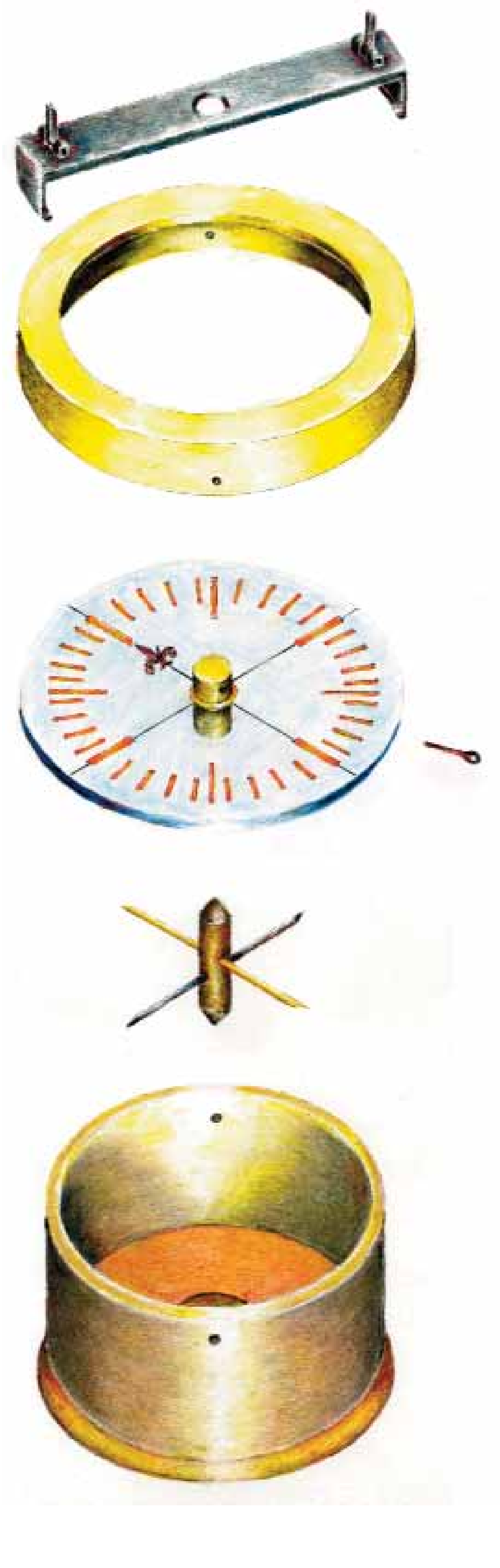


Un Giovanni Gioia, però, sembrerebbe aver avuto realmente un ruolo nella vicenda, di Ravello o di Positano, perfezionando la *pixidis nautica* prima del 1300 e, forse, addirittura prima del 1269.[18] Essendo la sua famiglia ritenuta originaria della Puglia, potrebbe darsi che migliorò proprio lo strumento descritto da *Petrus Peregrinus*, ad Amalfi. In pratica applicò, sopra l'ago magnetico, un disco di carta su cui era effigiata una rosa dei venti ad otto punte, non a caso analoga alla croce ad otto punte di Amalfi e poi di Malta. A farne

18 Cfr. G. GARGANO, *La Bussola e Flavio Gioia*, Salerno 2006, pp. 68-75.

In alto e sopra: *lo stemma di Amalfi, adottato anche dall'Ordine dei Cavalieri di Malta. Lo stemma sulla facciata della chiesa di San Giovannino dei Cavalieri a Firenze e un particolare dall'interno della Cattadrale di St. John a La Valletta, Malta.* *(<-quali sono?)*
A fianco, dall'alto: *la medaglia commemorativa in onore di Petrus Peregrinus, i suoi disegni relativi ad una macchina dal moto perpetuo basata sul magnetismo ed una bussola magnetica ad ago allegati alla Epistola de Magnete.*



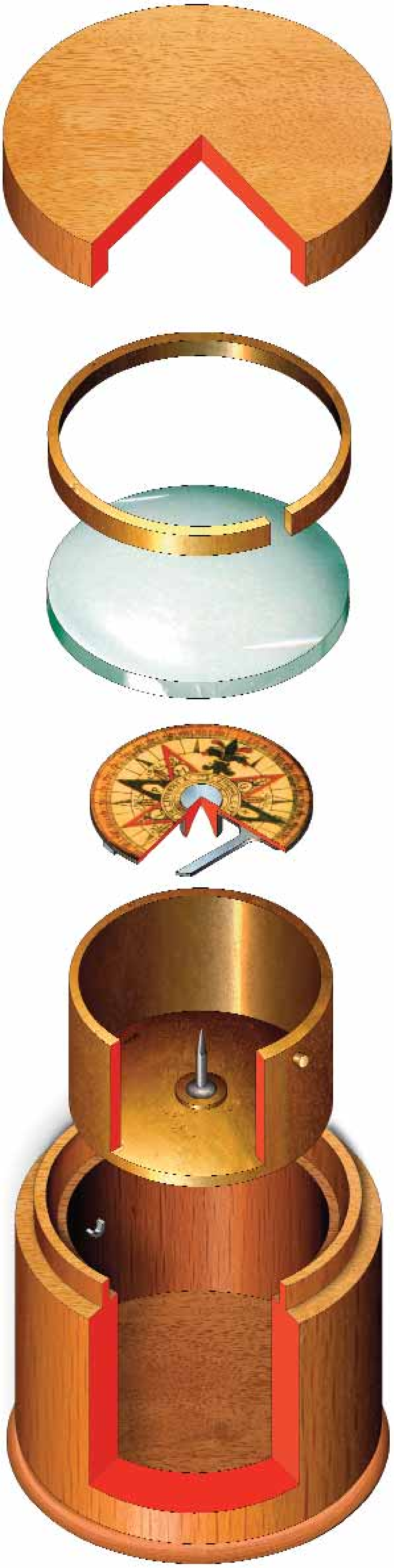


fede i nomi dei venti della rosa, tutti di matrice arabo-bizantina, tranne uno: la Tramontana, che spira da Nord, direzione che ad Amalfi coincide con Tramonti, una sua frazione a settentrione, ed indicata da un giglio, esplicito riferimento al sovrano angioino. Munito quel leggero disco di un perno e postolo in un bossolo, libero di compiere minime oscillazioni, divenne da quel momento il complemento ideale della navigazione. Di certo, soltanto con una bussola a rosa si sarebbero potute tracciare le carte nautiche[19], il cui primo esemplare ritrovato risale al 1296, per alcuni copia di un originale del 1250, *Lo compasso de navegare,* mentre le citazioni di carte del genere le fanno rimontare alla prima metà di quel secolo.[20]

Sul finire del 1800 le bussole tornarono a riempirsi di liquidi, per lo più miscele a base d'acqua e alcool: la prima adottata dalla Regia Marina Italiana fu progettata e costruita dall'ammiraglio G.B. Magnaghi e costruita presso l'Istituto Idrografico.

19 Cfr. MOLLAT DU JOURDIN, *L'Europa e il mare dall'antichità a oggi,* Bari 2004, pp. 53-55.
20 Cfr. G. GARGANO, *La Bussola...,* cit., pp. 89-94.

A fianco e in alto: *ricostruzione grafica della pixidis nautica del 1269 esplosa e ricomposta. È da ossservare che sul quadrante in vetro con incisa una gradazione, è posizionata una diottra rotante per la determinazione degli azimut.*
Nella pagina a fianco, a sinistra: *ricostruzione virtuale della bussola magnetica amalfitana esplosa e ricomposta.*
Nella pagina a fianco, a destra, sotto: *riproduzione attuale di una bussola magnetica del XIV sec..*



Janua
Venecia
Roma
SARDINIA

L'orologio meccanico

I primi orologi meccanici funzionavano a gravità, cioè tramite un peso che scendendo poneva in rotazione un treno di ruote dentate, rallentate da un apposito freno, delle quali l'ultima solidale a un indice, il quale girando lentamente su un quadrante circolare faceva corrispondere alla variazione angolare una variazione temporale. Richiedendosi per la regolarità del funzionamento la stabilità verticale del congegno, non potevano usarsi sulle navi per la determinazione della longitudine, anche per l'eccessiva approssimazione delle indicazioni, ma costituì una indubbia premessa per giungere, quasi quattro secoli dopo, al cronometro navale che, nella seconda metà del XVIII secolo avrebbe finalmente risolto il problema. Alcuni esemplari di quei rozzi orologi, vennero, comunque, adattati alla men peggio alla navigazione, magari solo per indicare i turni di guardia, ma la loro precisione restò sempre infima. Ad ogni buon conto, fu con quei rudimentali congegni in grado di misurare meccanicamente lo scorrere del tempo, che debuttò la nuova scienza, premessa che inizierà a manifestarsi esplicitamente in età moderna.

Dopo il tramonto del sole, quando qualsiasi riferimento visibile del fluire del tempo cessava, per la stragrande maggioranza degli uomini quella incertezza non costituiva alcun problema essendo la notte destinata al sonno. L'esigenza, invece, si avvertì sin dagli albori della storia sia in ambito militare che religioso. *Vigilia,* infatti, fu definito il turno di guardia notturno speso dalle ronde a perlustrare il perimetro dell'accampamento; *veglia*, invece, la parentesi notturna spesa dai sacerdoti a pregare. Evidenti la comunanza etimologica e la contiguità funzionale essendo ambedue le attività finalizzate alla salvezza della comunità d'appartenenza, e quindi da adempiersi con la massima dedizione e meticolosità, precipui di un basilare dovere. Notte dopo notte, possibilmente con le medesime scansioni, si avvicendavano le ronde e le salmodie che, per evitare una troppo discrezionale estrinsecazione richiesero un idoneo segnatempo, un congegno cioè in grado di quantizzare una realtà astratta come il tempo, rendendola misurabile non diversamente da una bilancia, da un regolo o da un contenitore graduato!

E se la soluzione escogitata fu sempre ricavata per analogia, e lo è ancora, dal dipanarsi di un fenomeno fisico noto, ripetibile e costante, nettamente diverso fu il modo adottato per produrlo contemplando il defluire dell'acqua da un recipiente, il consumarsi di una candela o lo scendere di un peso, per menzionarne i più frequenti. Nei corpi di guardia legionari ben presto fu adottata una clessidra per i turni di ronda: strumento ideale per lo scopo, poiché non indica l'ora ma la durata di un intervallo, simile ad un nostro cronometro sportivo. Il problema della determinazione dell'orario notturno si ripresentò ai monaci nel tardo medioevo poiché, diversamente dai legionari, non avevano interesse a conoscere la durata della veglia, riservata alla preghiera, ma quando iniziarla nel cuore della notte. Sarebbe, pertanto, occorso uno strumento che li avesse *svegliati*.

Certamente esistevano orologi ad acqua in grado di battere le ore, ma erano estremamente complessi, poco affidabili e di suono flebile: indispensabile invece un congegno robusto, semplice, relativamente economico e, soprattutto, dal suono squillante, capace di svegliare dal sonno profondo. In pratica una sveglia, diffusa dalla squilla per antonomasia, una bronzea campanella: questo il criterio informatore dello *svegliarino* o *svegliatore monastico*, precursore dell'orologio meccanico, una delle maggiori in-

Sotto: *vista laterale di uno svegliarino monastico del XIII-XIV secolo a 12 ore.*
Nella pagina a fianco: *Portolano del XVI sec..*

a deflusso d'acqua rispetto a quell'automatica di Ctesibio descritta da Vitruvio. In estrema sintesi, lo svegliarino potrebbe considerarsi un marcatempo che, tuttavia, ha già in se tutti i presupposti meccanici dell'orologio, da cui se ne differenzia per la funzione e per non avere un dispositivo di compensazione della diversa durata delle ore nel corso dell'anno. Pertanto, anche in base alle sue originarie modalità d'impiego, lo svegliarino potrebbe considerarsi la soluzione meccanica di un'esigenza della regola monastica, in generale, e benedettina in particolare.

Nell'arco della giornata, infatti, la preghiera si sarebbe dovuta elevare soprattutto in coincidenza con le fasi salienti della passione di Cristo che, ricalcate sulla liturgia ebraica, scandirono un avvicendarsi di ore per il culto, definite *ore canoniche*, che per le Costituzioni Apostoliche furono 6: *Prima*, al sorgere del sole; *Terza*, intorno alle 9; *Sesta*, intorno alle 12; *Nona*, intorno alle 15; *Vespri*, intorno al tramonto.

venzioni medioevali. Al riguardo, per la verità, non tutti gli storici della tecnologia sono concordi: per alcuni, infatti, sarebbe stato lo svegliarino a derivare dall'orologio per semplificazione e non il contrario. Tuttavia, essendo l'orologio una macchina estremamente complessa è difficile supporre che possa essere stata inventata già perfezionata in ogni sua componente e, del resto, l'evoluzione tecnologica avviene nella stragrande maggioranza dei casi procedendo dal semplice verso il complesso, e quasi mai al contrario.[21]

La presenza accertata di svegliarini sul finire del XIII secolo ed il diffondersi, in pratica sincrono, degli orologi da torre e da campanile nei primi decenni del XIV sembra ribadire che il primo più semplice sia anche il più antico, come già avvenne per la clessidra

21 Cfr. U. FORTI, *Storia della tecnica...*, cit., vol. II, pp. 258-262.

Sopra: *vista frontale di uno svegliarino monastico del XIII-XIV sec.*.
A fianco: *meccanismi di orologi da torre e da campanile del XIII-XIV secolo.*

San Francesco relazionò tali ore alla passione di Cristo, associando a ciascuna un tema di meditazione: *Compieta*, Cristo prega nel Getsemani; *Mattutino*, è interrogato dal Sinedrio; Ora prima*, è davanti a Pilato*; *Ora terza*, è condannato; *Ora sesta*, è crocifisso; *Ora nona*, muore sulla croce; *Vespro*, risorge.

Ma era stato San Benedetto ad introdurre la *Compieta,* la settima ora canonica, sebbene studi più accurati l'abbiano già individuata in epoche precedenti nelle regioni orientali, ed anche la preghiera notturna con le interruzioni del riposo. Così al capitolo XVI della Regola di S. Benedetto:

"1 - 'Sette volte al giorno ti ho lodato' dice il profeta. 2 - Questo sacro numero di sette sarà adempiuto da noi, se assolveremo i doveri del nostro servizio alle Lodi, a Prima, a terza, a Sesta, a Nona, a Vespro e Compieta, 3 - perché proprio di queste ore diurne il profeta ha detto: 'Sette volte al giorno ti ho lodato'. 4 - Infatti nelle Vigilie notturne lo stesso profeta dice: 'Nel mezzo della notte mi alzavo per lodarti'. 5 - Dunque in queste ore innalziamo lodi al nostro Creatore 'per le opere della sua giustizia' e cioè alle lodi, a Prima, a Terza, a Sesta, a Nona, a Vespro e a Compieta e di notte alziamoci per celebrare la sua grandezza..."[22]

Come precisato il vero interesse dei monaci non consisteva nel conoscere l'ora esatta del giorno, notificata da qualsiasi meridiana, ma l'inizio di ogni ora canonica col suono di una campanella. Dal punto di vista meccanico, uno svegliarino monastico fu un congegno marcatempo azionato da un motore a gravità, un peso che rilascia l'energia potenziale di posizione di cui dispone, in seguito sostituito da uno a molla che rilasciava invece l'energia elastica accumulata nella stessa per deformazione: in entrambi i casi in maniera frazionata tramite un meccanismo di parzializzazione.

Quest'ultimo ne blocca l'immediata cessione, frazionandone il moto di discesa del peso, o di ritorno della molla, in tante oscillazioni regolari, il cui isocronismo era uniformato da un dispositivo inerziale a bilanciere, altrimenti detto scappamento. Quanto all'indicazione è fornita acusticamente con una campanella azionata da un secondo peso, od otticamente con un indice fisso su un quadrante ruotante, diviso in 24 o in dodici ore, essendo il meccanismo riattivato giorno per giorno, scampanellata dopo scampanellata. Essendo però il congegno escogitato incapace di compensare le variazioni dell'ora, con lui comparve pure il compito di *tenerlo ad ora* così rievocato nel *Liber Unum Cistercensium,* agli inizi dell'XII secolo: "*Sacrista debet temperare horologium, et ipsum facere sonare ante matutinas pro se excitando quotidie.*"[23]

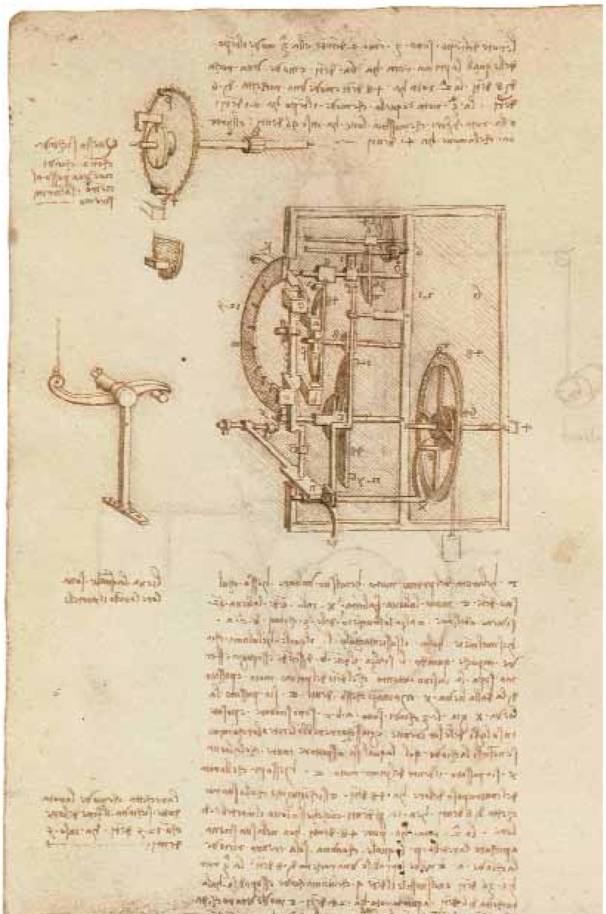
L'impiego della segnalazione acustica diverrà basilare negli orologi da campanile, potendosi così fornire l'indicazione dell'ora ad un intero abitato, all'interno delle case ed anche di notte o lontano nei campi, senza osservazione del quadrante, mentre la macchina diverrà a sua volta sempre più complessa, suscitando l'interesse persino di Leonardo da Vinci.

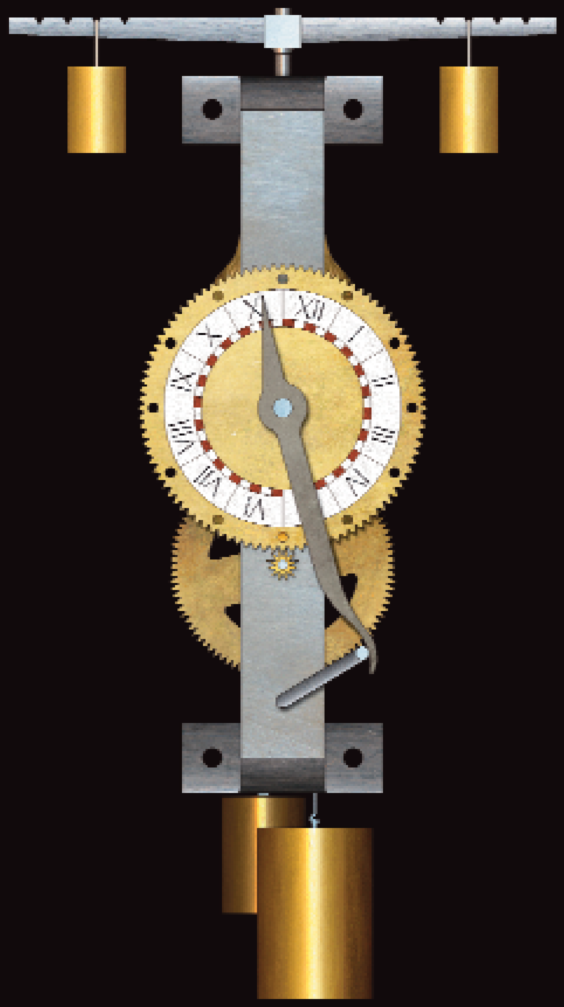
Dal punto di vista funzionale uno svegliarino monastico, come poi un qualsiasi orologio, si compone di tre distinti sistemi meccanici: quelli del tempo, quello di controllo e quello della suoneria. Il primo comprende a sua volta tre sottosistemi: il peso motore con una ruota *maestra del tempo*; la *ruota caterina*; la *verga* e il *foliot*. In linea di massima il primo sottosistema consta di una ruota motrice, solidale ad

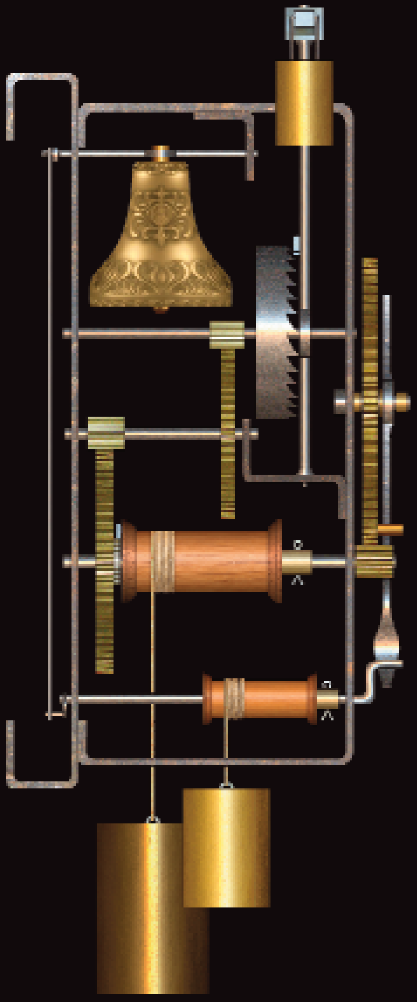
22 Cfr. *La Santa Regola di S. Benedetto,* Capitoli XVI-XVII.

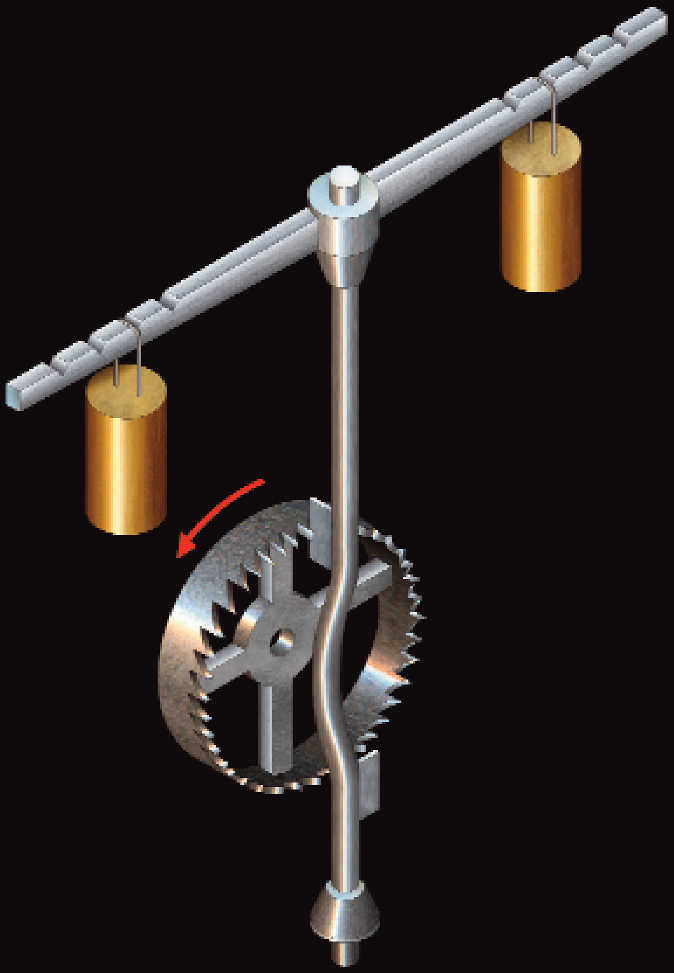
23 Cfr. M. TERNULLO, *Galileo, cultura scientifica e cultura umanistica,* Catania, marzo 2009, p. 4.

Sotto: *disegno di Leonardo relativo alla macchina di uno svegliarino, tratto dal Codice Madrid I, f. 27 v.*









un tamburo su cui è avvolta la fune alla quale sta vincolato il peso, detta *ruota maestra del tempo* ed *albero del tempo* è definito il suo asse. Lo scendere del peso la pone in rotazione fornendo l'energia cinetica all'intero congegno, attraverso il ricordato scappamento. Anche Erone, come già esaminato, nei suoi *automata* si era avvalso di analoghi motori a gravità, frenando l'altrimenti istantanea caduta del peso, facendolo scendere in una canna piena di miglio, fatto fuoriuscire lentamente dal basso della stessa mediante un apposito foro a luce variabile[24], fungente perciò da acceleratore.

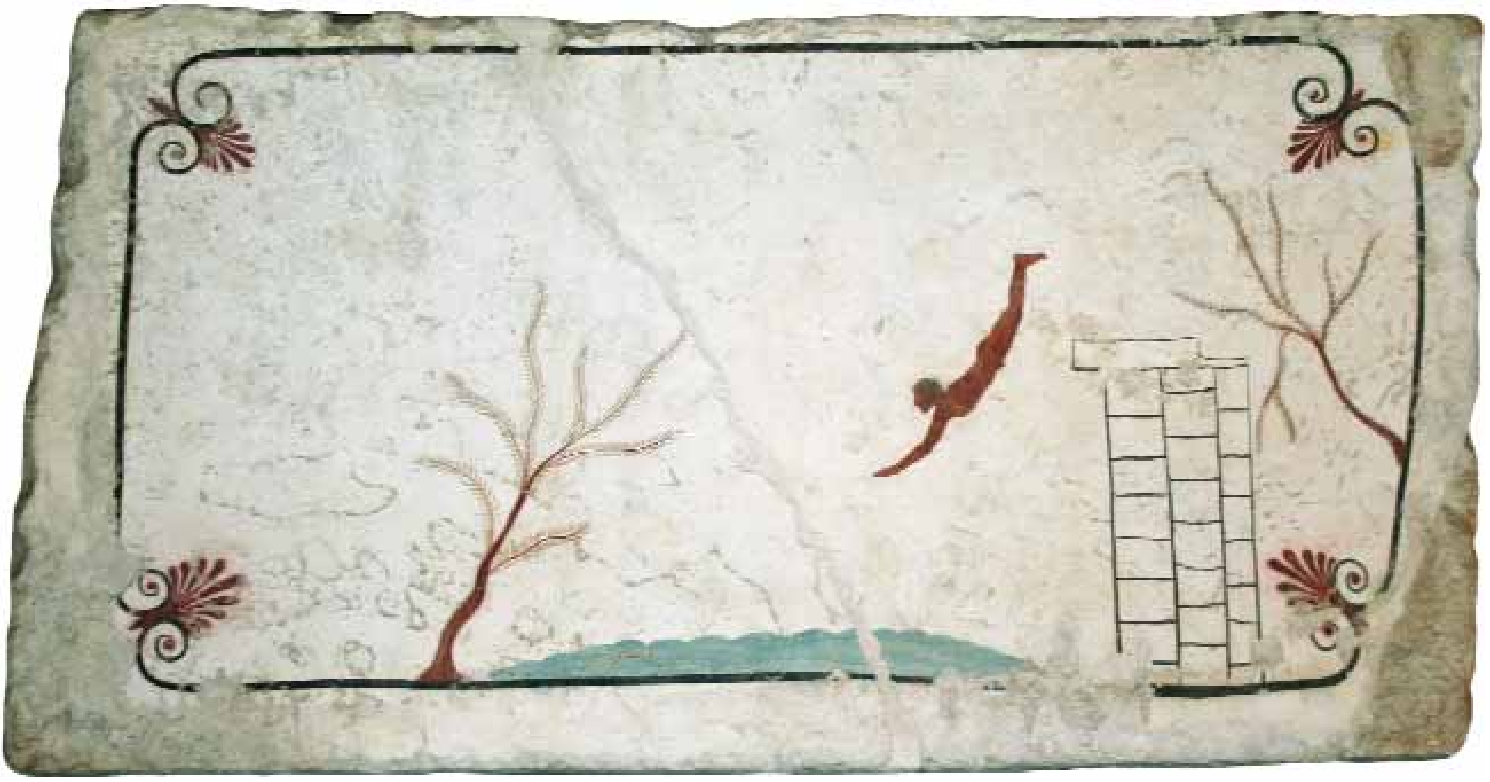
Circa lo scappamento, invece, la soluzione escogitata, forse intorno alla metà dell'XI secolo, consisteva in una ruota ad arpioni, detta ruota di scappamento o *ruota caterina* (curioso nome affibbiatogli per la somiglianza con la ruota usata nel martirio della santa) e in bilanciere a verga, un albero sormontato da una verga, munita di due pesi regolabili equidistanti dall'albero, che dava all'insieme una forma di croce a T, detto *foliot*. Sullo stesso albero, più in basso, due palette eccentriche divaricate fra loro di circa 100° e distanziate quanto il diametro della ruota caterina, per cui ora l'una ora l'altra finivano impegnate da uno dei suoi denti, rigorosamente di numero dispari. Ad ogni mezza oscillazione la coppia di rotazione della ruota, infatti, urtandone una di tali eccentrici faceva girare l'albero di circa 90° fino al suo disimpegno, coincidente con l'urto dell'altro che, dopo averlo arrestato, lo faceva girare nel verso opposto ancora di 90°, ripetendosi continuamente il ciclo. Ogni volta che l'eccentrico superiore batteva sul dente della caterina, si udiva un *tic*, e quando batteva l'eccentrico inferiore, immediatamente dopo, si udiva un *tac*: il *tic tac* dell'orologio iniziò così a scandire la storia, trovando fra i più accorti osservatori persino Dante, che ce ne tramanda questa poetica testimonianza nel X canto del Paradiso: *"l'una parte l'altra tira ed urge/ tin tin sonando con sì dolce nota"*!

Essendo il moto alternativo dell'albero degli eccentrici un'oscillazione, per variarne la frequenza bastava variarne l'inerzia, aumentando o diminuendo la distanza dal centro di rotazione dei due pesi mobili del *foliot*. Si poteva così adeguare la durata dell'ora meccanica a quella solare, riducendo perciò lo scarto: alla funzione era preposto un apposito incaricato che si curava pure di sollevare il peso motore. Un treno d'ingranaggi, ruote e pignoni, realizzati secondo rigidi rapporti tesi a riprodurre la proporzione fra secondi, minuti ed ore, provvedeva alla rotazione del quadrante e più tardi delle sole lancette. Il movimento di ogni ruota, a partire dalla maestra, avveniva con velocità angolare crescente, per cui ancora Dante nel XXIV canto del Paradiso, così osservò: "*È come cerchi in tempia d'oriuoli / si giran che 'l primo a por mente / quieto par, e l'ultimo che voli...*"

Per la suoneria, ovvero per lo scuotimento della campanella o, in alcuni esemplari, solo del suo batocchio, vi era un altro peso con relativa fune avvolta su di un secondo tamburo, più piccolo, indipendente dal primo. Il comando di attivazione avveniva con un perno sporgente da uno dei fori presenti sul quadrante: questo, che era la ruota dentata maggiore della macchina e la più lenta percorrendo un unico giro ogni 12 o 24 ore, possedeva, infatti, lungo la sua corona 12 o 24 fori, all'interno di uno dei quali, corrispondente con l'ora prestabilita, si infilava il perno, lasciandolo sporgere di alcuni centimetri. Un indice solidale a un freno agente sul secondo tamburo, stava collocato poco dinanzi al quadrante e quando il perno andava ad urtarlo, lo spostava di quel tanto sufficiente a sbloccare il tamburo che, posto in rotazione dal peso, con una piccola biella scuoteva il braccio della campanella, ed i conseguenti rintocchi agivano da sveglia. Esaurita la segnalazione, lo svegliarino andava ricaricato, avvolgendo le sue due funi sui rispettivi tamburi, e rimesso ad ora, magari comparandolo ad una meridiana, pronto così a svegliare i monaci nella notte successiva.

24 Cfr. ERONE ALESSANDRINO, *Gli automati overo Machine se moventi libri due*, trad. dal greco B. Baldi abbate di Guastalla, Venezia 1589, f. 20-26.

Nella pagina a fianco: *ricostruzioni grafiche virtuali dello svegliarino monastico e dettaglio del congegno a scappamento.*
A fianco: *dettaglio dei rotismi dell'orologio astronomico della cattedrale di Besançon.*



Venti secoli sotto i mari

La constatazione che fosse possibile nuotare anche sott'acqua, immergendovisi di alcuni metri fu, verosimilmente, contemporanea del nuoto.[25] Non si trattò di una naturale risposta ad uno stimolo ludico, ma piuttosto di una esigenza connessa con la pesca o con il recupero di qualche oggetto caduto sul fondo. In breve si trasformò in una vera e propria attività, da intendersi come mera ricerca del cibo in origine, e dei mezzi di sostentamento in seguito, quali ad esempio la pesca del corallo o delle perle. Sono stati ritrovati enormi cumuli preistorici di conchiglie, in giapponese *kaizuka*, che solo mediante profondi tuffi potevano essere prelevate, confermando perciò, implicitamente, il vasto ricorso all'attività subacquea per scopi alimentari non più occasionali o fortuiti ma sistematici. Che anche quelle modeste prestazioni potessero tornare utili, persino in battaglia, risultò ben presto evidente, essendo un'efficace maniera di celarsi alla vista del nemico o di eludere ai suoi sbarramenti, inevitabilmente terrestri o galleggianti.

Alcuni singolari bassorilievi assiri, datati al IX secolo a.C., mostrano chiaramente degli uomini che nuotano appena sott'acqua, in affioramento, per celarsi alla vista del nemico, respirando tramite un boccaglio l'aria contenuta in un otre. Ed è significativo che dei tre, il solo che ne è privo, e quindi in superficie, appare trafitto da alcune frecce sul dorso!

Il bassorilievo certifica un fondamentale progresso nella storia della subacquea: non si tratta più della semplice nuotata in apnea che, come accennato fu

25 Cfr. F. RUSSO, *Kolympha, le prime esperienze subacquee*, Napoli 2010.

In alto: *affresco dalla Tomba del Tuffatore, Paestum, Salerno.* A fianco: *bassorilievi assiri del IX sec. a.C. raffiguranti subacquei che respirano l'aria contenuta in un otre.*

praticata da sempre, ma della adozione di un serbatoio d'aria, aspirata alla pressione di immersione in modo automatico, come un attuale secondo stadio di un erogatore ARA, senza alcuna sofisticata valvola! Dal punto di vista strettamente tecnico, infatti, l'otre al crescere della profondità d'immersione si schiaccia per la pressione dell'acqua, comprimendo a sua volta l'aria che contiene fino ad equipararla. Questa perciò è aspirata dal sub già idonea alla respirazione: grazie a quella sorta di zampogna-bombola, per la prima volta l'uomo respirava aria ad una pressione maggiore di quella atmosferica, sia pure per pochissimi minuti.

Passare dal boccaglio per aspirare l'aria dall'otre, ad un boccaglio per aspirare l'aria al di sopra dell'acqua, in modo da potere restare immersi a tempo indeterminato, non dovette richiedere gestazioni lunghe, se non anticipare quell'antesignano autorespiratore subacqueo. Una canna forata, uno stelo svuotato, persino un osso lungo, infatti, tenuti tra le labbra mentre si stava sotto la superficie dell'acqua, erano in grado di assolvere quella funzione, divenendo perciò degli antesignani aeratori o, con termine più conosciuto, degli *snorkel*. Aristotele (384-322 a.C.), ovviamente, menzione l'esistenza di un aeratore di quel tipo, usato dai coevi subacquei per respirare durante le immersioni a piccola profondità, e lo paragonò alla proboscide dell'elefante con queste parole:

"D'altra parte, quale che sia la grandezza della proboscide, non è per l'elefante meno necessaria alla vita sulla terra o sott'acqua. Infatti i sommozzatori utilizzano alcune volte degli strumenti per respirare e poter restare lungo tempo sul fondo del mare, aspirando l'aria per loro tramite, nella stessa maniera che la natura ha dato in così grande dimensione al naso dell'elefante, per un impiego analogo. Quando gli elefanti vogliono camminare nell'acqua, lo alzano fuori dalla stessa, e respirano così; il tubo dell'elefante, come detto, è il loro naso."[26]

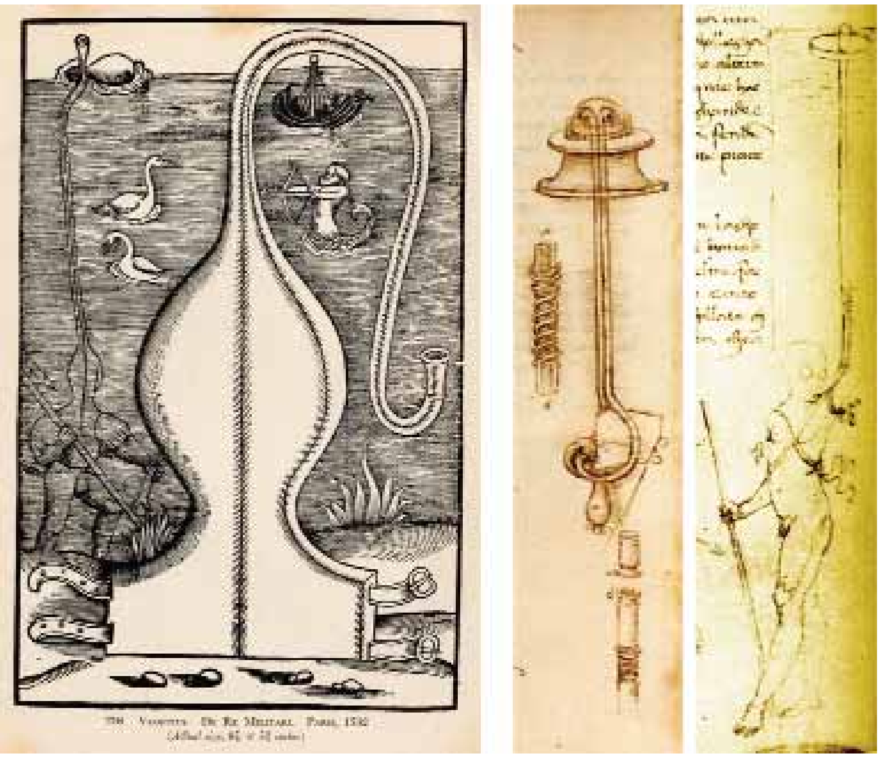
Lo snorkel

Una iscrizione, incisa su di una lastra marmorea rinvenuta presso il *Portus Tiberinus*, come già descritto nel volume relativo all'età classica, testimonia che anche i Romani ebbero un corpo di *urinatores*, cioè di subacquei specializzati in recuperi da navi affondate ed, all'occorrenza, incursioni insidiose. Il loro curioso nome deriva dal verbo latino arcaico *urinari*, immergersi. In base alle scarne descrizioni di cui disponiamo, sembrerebbe che indossavano un cappuccio o un sacco, un antesignano elmo da palombaro, terminante verso l'alto con un budello. L'irrilevanza della profondità, e forse la brevità del boccaglio, avrebbero in seguito fatto elaborare un casco munito di un tubo, tramite il quale

26 Da ARISTOTELE, *De partibus animalium*, II, 16.

In alto: *elefante che si muove sott'acqua usando la proboscide come aeratore.*
A fianco: *subacqueo in affioramento con aeratore.*

si poteva respirare, a scarsissima profondità, essendone l'estremità mantenuta sempre fuori dall'acqua da un galleggiante e forse chiuso da un'apposita valvola. Non più una canna dalle funzioni di aeratore, ma un vero e proprio *snorkel* per uomo, identico in sostanza a quell'usato con la maschera dagli odierni apneisti.



La profondità massima che un siffatto aeratore permetteva di mantenere non superava abitualmente i 50 cm, divenendo la respirazione intorno al metro molto faticosa e, ad una profondità maggiore, del tutto impossibile per la forte pressione. Di un casco siffatto riferiscono, sia pure confusamente, alcuni scrittori romani, precisando pure che la sua impermeabilità era modesta. È singolare constare che il preciso disegno di una muta subacquea del genere, si ritrovi nel taccuino di Konrad Kyeser, il già ricordato ingegnere militare bavarese del XV secolo. Più spesso, però, l'attività del sommozzatore avveniva senza alcun ausilio da indossare, per elementare che fosse stato. Nella necropoli di Brindisi è stato ritrovato un teschio del I secolo d.C., in ottimo stato di conservazione, appartenente sicuramente a un subacqueo: il meato acustico esterno, infatti, ostenta una vistosa esostosi, esito di un'infiammazione cronica conseguenza di reiterate e prolungate immersioni.

Significativo, pertanto, che una norma della *Lex Rhodia de iactu*[27] sul recupero dei preziosi affondati prescrivesse, quale compenso per gli *urinatores,* una tariffa legata alla profondità degli interventi: dalla riva a 0.5 m gli spettava la decima parte del valore; fino a 4 m un terzo; fino ad 8 m la metà. È verosimile che per profondità maggiori, forse fino a 25 m, il compenso fosse contrattato di volta in volta. In-

27 Della *Lex Rhodia de iactu,* se ne trova menzione nel *Digesta,* o *Pandectae,* compilata dai giuristi romani per conto dell'imperatore Giustiniano I e promulgato il 16 dicembre 533 ed entrato in vigore il 30.

In alto: *raffronto tra un ipotetico casco da urinatores romano attribuito a Vegezio Flavio in una edizione cinquecentesca de Epitome rei militaris (a sinistra) e i modelli elaborati da Leonardo da Vinci (al centro) e Francesco di Giorgio Martini (a destra).*
A fianco: *un sommozzatore dotato di* snorkel *in una illustrazione tratta da un codice di Konrad Kyeser.*

torno alla metà dell'VIII sec. d.C. quelle norme vennero in qualche modo riprese sotto Leone III a Bisanzio, rientrando in alcune precise norme per la navigazione, *Nomoi nautixoì*. Al paragrafo 47 compaiono di nuovo i compensi per i sommozzatori e palombari in questi termini:

"47 - Se dal fondo del mare di otto tese [circa 15 m] *venga tratto oro, argento o quant'altro, chi lo recupera abbia la terza parte. Da un fondo di quindici tese* [circa 25 m]*, chi lo recupera abbia la metà per il rischio della profondità del fondale."*

Non mancano sin dal V secolo a.C., riferimenti ad azioni di sabotaggio subacqueo: nel 480 a.C., ad esempio, presso il promontorio dell'Artemisio un tal Scillo, un uomo rana ateniese, riuscì a tagliare le corde delle ancore, in seguito sostituite da catene, della flotta persiana di cui Plinio[28] ricorda il dipinto che lo raffigura. Celebre pure la figlia, tanto da far supporre una attitudine all'immersioni nelle giovani vergini straordinaria: in realtà le donne, ovviamente in modo del tutto indipendente dalla loro verginità, sono per diversi aspetti favorite nelle attività subacquee, che richiedono ridotta forza muscolare e, per contro, grande agilità e massima resistenza al freddo. Lo strato di grasso supplementare che il corpo femminile possiede in varia misura sotto la pelle, lo preserva meglio e più a lungo dagli effetti dell'acqua fredda. Le pescatrici di perle giapponesi, le celebri *ama* la cui attività si è dipanata negli ultimi due millenni fino agli anni '60 del secolo scorso, sono al riguardo emblematiche. Usavano una particolare tecnica di ossigenazione dei polmoni nei secondi precedenti l'immersione, effettuando profonde inspirazioni. A quote poco profonde, comprese tra i 4 ed i 6 m, restavano in apnea per circa mezzo minuto, bastando appena una quindicina di secondi per scendere e risalire. A quote via via maggiori, fino ai 25 m, invece, erano in grado di trattenere il respiro per oltre un minuto, alternando cicli di permanenza in acqua di circa un quarto d'ora ad intervalli di tripla durata, trascorsi sulla barca. L'addestramento e la robustezza fisica risultavano talmente efficaci che neppure la gravidanza ostacolava il prosieguo dell'attività, che si protraeva fin quasi al parto, per essere ripresa pochi giorni dopo, attuandosi l'allattamento tra una calata e l'altra.

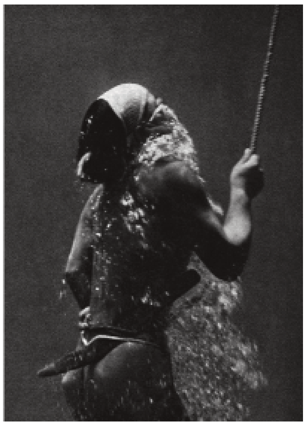
La campana subacquea

Al di là delle immersioni più o meno a corpo nudo, dalle pagine degli storici a partire dal quarto secolo a.C. si iniziano a leggere espliciti riferimenti ad apparecchiature, dalle più semplici quali caschi da palombaro ad antesignane campane subacquee. Tra queste spicca, per la rilevanza tecnica e per l'eco che ebbe durante l'intero Medioevo, la campana di Alessandro il Macedone, costruita probabilmente su ispirazione dello stesso Aristotele. Forse fu proprio per la sua notorietà che Leon Battista Alberti, intorno al 1446, progettò qualcosa di simile, dimostratasi però inadeguata all'impiego, come pure Francesco De Marchi nel 1535, a cui arrise migliore fortuna, e quindi Giuseppe Bono nel 1583, che con pieno successo si immerse nel Tago.

Numerose ed ingenue le raffigurazioni medievali relative all'avventura sottomarina di Alessandro

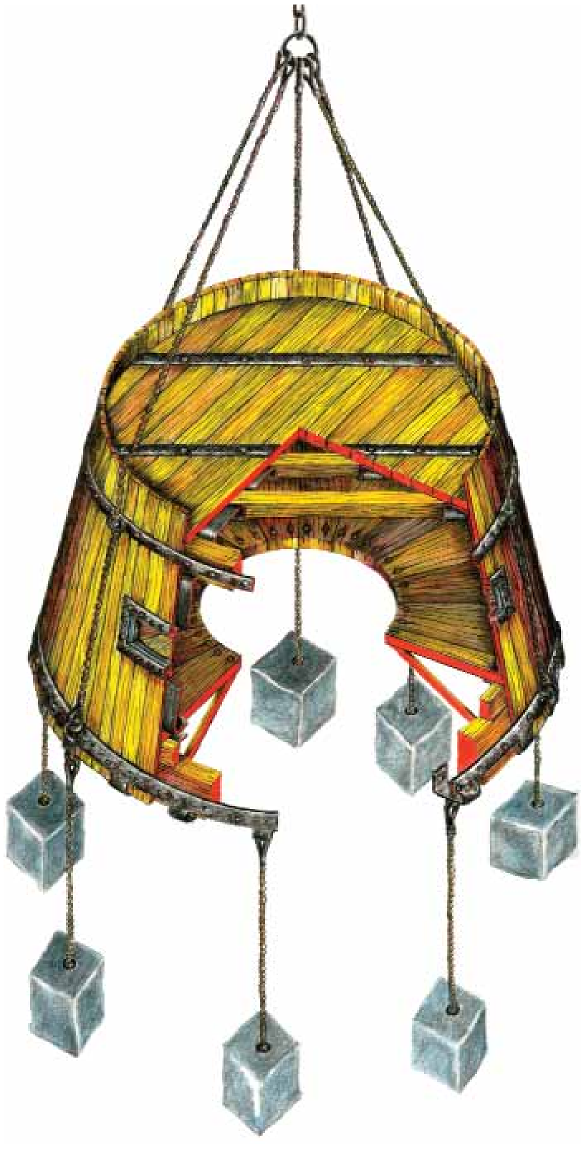
28 Cfr. G. PLINIO SECONDO, *Naturalis Historia*, lib.XXXV, 40, 139.

Sotto: *le pescatrici di perle giapponesi,* ama*, in foto degli inizi del secolo scorso.*



che tramandano uno strano sovrano, rinchiuso in una grossa botte di cristallo immersa nel mare. Ad ispirarle, per quanto è sensato dedurre dalle fonti, un'immersione realmente avvenuta, forse durante l'assedio di Tiro, allorquando il giovane condottiero ed il suo ammiraglio Nearco[29], in un'avveniristica campana subacquea, vollero esaminare direttamente le ostruzioni subacquee nemiche. Quanto alla campana, la prima del genere se non cronologicamente di certo per dimensioni, per le fonti di circa m 3.70 di diametro per 2 di altezza, circa 18 m³, con spinta di galleggiamento al netto del peso di oltre 6 tonnellate, neutralizzata da una congrua zavorra per scendere e restare stabilmente sollevata dal fondale. Il nome generico che ricevette fu di *skaphe andros*, uomo-barca, da cui in seguito scafandro, mentre quello proprio, essendo pur sempre un'imbarcazione, fu di *Kolympha*, da κολύμβητής palombaro e κολυμβήθρα tinozza!

Al di là delle dimensioni, la campana fatta costruire da Alessandro consisteva, infatti, in un enorme scafo tronco conico, col fasciame di pesanti doghe di quercia cerchiate di bronzo o di ferro, simile perciò ad una grossa tinozza rovesciata, a perfetta tenuta stagna, con un'unica apertura inferiore. Alcuni piccoli fori, antesignani oblò, muniti di vetri trasparenti, permettevano la visione dell'esterno, mentre all'interno vi erano una panca anulare, delle mensole per il deposito di abiti asciutti, di viveri e di alcune lampade. I vetri non costituivano un grave problema limitandosi la pressione da sopportare fra 1 e 2 kg/cm². Più interessante la spessa calafatazione, sempre ricordata dalle fonti, fatta però non sull'estradosso del fasciame ma sull'intradosso, all'interno, dovendo impedire all'aria interna di sfuggire e non all'acqua esterna di entrare! Uno scafo tanto capiente, garantiva a due uomini la permanenza per circa 4-6 ore (l'ossigeno all'interno ne avrebbe consentite molte di più senza il letale accumulo di anidride carbonica), da dedicare all'osservazione dagli oblò e dal fondo dell'ambiente circostante. Per l'equivalenza tra la pressione dell'aria all'interno della campana e dell'acqua all'esterno tornava possibile, mediante un tubo flessibile, respirare l'aria della campana anche al suo esterno, lavorando perciò nelle immediate adiacenze. Una pesante zavorra annullava la spinta di galleggiamento e varie funi ne consentivano il recupero, su richiesta dall'interno. Ovviamente, superata la decina di metri di profondità si sarebbe dovuta effettuare una decompressione, prima di tornare in superficie, ma raramente queste campane scendevano oltre.



29 Cfr. ARRIANO, *Anabasi di Alessandro*, II, 21,3-7.

In alto: *foto aerea del secolo scorso in cui ancora si distingue l'istmo artificiale costruito dai Macedoni durante l'assedio di Tiro.*
A fianco: *ricostruzione grafica ipotetica della campana subacquea usata da Alessandro Magno.*

Col tempo si perse nozione delle esatte caratteristiche della Kolympha e delle sue reali connotazioni, moltiplicandosi al loro posto, sin dal II secolo della nostra era, una pletora di leggende[30] e per ritrovare di nuovo la campana subacquea si dovrà attendere il 1446 con i tentativi compiuti da Leon Battista Alberti, per recuperare le navi di Nemi, e soprattutto il 1535 con quelli effettuati con maggior fortuna da Francesco De Marchi. Per tentare di stabilire come potesse essere, non é ozioso proporre il decreto reale del 1582 con il quale, previa una breve descrizione, l'imperatore Filippo II concedeva a Giuseppe Bono un privilegio decennale per sfruttare quella sua invenzione, recuperando dai fondali quanto gli fosse riuscito, compresi coralli e perle. Tecnicamente, infatti, la campana macedone e quella rinascimentale non dovevano presentar significative differenze. Così il documento tradotto:

"Vista la relazione che voi, Giuseppe Bono, nativo del Regno di Sicilia, ci avete fatto, che con vostra industria e lavoro avete costruito un attrezzo ingegnoso, vale a dire un vaso di legno in forma di gran fiasco ottagonale, senza respiratore e con una bocca nella parte bassa, con cui si possono pescare e portare in superficie perle, coralli e quanto si nasconde sott'acqua, e il carico delle navi affondate, e le stesse navi, e ripulire i porti dai detriti che li intasano, in questo modo, che nella parte alta del vaso, all'interno, c'è un argano su cui si avvolge una fune, con appesa una pietra di peso congruo che con l'argano fa salire e scendere il vaso come piace a quelli che stanno dentro, e nella parte bassa del vaso c'è la bocca, da cui entrano ed escono due uomini che devono governare il vaso e uscire a pescare, e una volta rientrati devono prendere fiato e potersi imbracare, dal quale vaso uno dei due deve uscire,e quando torna esce l'altro, perché il vaso non va lasciato solo, e dalla bocca si può scorgere cosa c'è intorno per pescare ciò che conviene, e quel che si voglia portare nel vaso va segnalato con cordicelle munite di sugheri, così che una volta lasciate vadano in alto, e chi sta nel vaso possa tirarle e recuperare ogni cosa facilmente..."[31]

Il riferimento all'argano interno ed alla pietra di zavorra fungente da ancoraggio per la manovra verticale della campana la fanno immaginare abbastanza piccola, cosa che una seconda campana del Bono, di cui ci è pervenuto un dettagliato disegno conferma. Per quella antica, invece, si deve supporre una dimensione alquanto maggiore, ferma restando la connotazione complessiva e la struttura a botte.

30 Cfr. M. CENTANNI (a cura di), *Il romanzo di Alessandro*, II, 38, Venezia 1988, pp. 111-112.

31 Cfr. A. DELL'ARIA, *La campana di Bono pioniere delle immersioni*, in HDS n°21 ottobre 2001, p. 8.

In alto, a sinistra: *raffigurazione medievale dell'immersione di Alessandro Magno nella botte battiscafo.*
Sotto: *la campana subacquea di Giuseppe Bono.*

De Arte Militiae

Philipp Monch, Kriegsbuch, fol. 38r, Pal. Germ. 126, Biblioteca dell'Università di Heidelberg

Militaria mirabilia

La polvere del Diavolo

Ma tuttavia prendi sette parti di salpetra [salnitro], *cinque di legno di nocciolo giovane e cinque di zolfo, e così se conosci l'artificio, farai tuono e lampo.*

Ruggero Bacone,
De secritis operibus artis et naturae,
cap. IX, 1245

Prendi una libbra di zolfo, due libbre di carbone di salice, sei libbre di sale della pietra [salnitro], *riducile a polvere finissima in un mortaio di marmo, dopo di che la puoi porre in un razzo per farla volare o per farla tuonare.*

Alberto Magno,
De mirabilis Mundi, ≈1260

Alcuni decenni dopo

Il miscuglio di salnitro, carbone e zolfo, che sia pure con vari dosaggi anche in Europa era da tempo noto, non aveva, però, ancora rivelato la sua potenzialità propulsiva. Bruciava con grande fumo, con odore acre e non si spegneva con l'acqua, connotazioni che lo fecero subito riconoscere come prodotto diabolico, tanto più che ad occuparsene erano stati in genere dei religiosi: frate francescano Ruggero Bacone, già domenicano il Vescovo Alberto Magno, per ricordare i principali. E non a caso fu un altro domenicano, Berthold Schwarz, che fra il 1313 ed il 1353 scoprì le capacità dinamiche della polvere, avviando così la costruzione delle bocche da fuoco, che a loro volta furono viste come concreta ed esplicita manifestazione infernale. Non stupisce, perciò, che ancora agli inizi del '500 si riteneva che la polvere fosse più potente se ottenuta con il carbone di

A fianco, dall'alto: *Ruggiero Bacone inventa la polvere pirica, di James E. Mcconnell; un'antica xilografia nella quale è lo stesso diavolo a guidare Bertoldo Schwarz nella scoperta della polvere pirica.*

certe piante raccolte nella notte di San Giovanni, quella delle streghe!
Nonostante ciò la fabbricazione della polvere si sviluppò presto trasformandosi, un po' dovunque, in vera industria: in Ausburgo si ebbe un polverificio nel 1340, a Spandau nel 1344, a Leignitz, nel 1348 tanto per citare gli esordi. La ragione di quel tanto frenetico diffondersi stava nel contemporaneo rapido moltiplicarsi delle bocche da fuoco, sempre meno rudimentali col passar degli anni e sempre più determinanti nella conduzione degli assedi e negli scontri campali. Per alcuni storici fu quello il trionfo della sovversione diabolica, dove il più vile sopprimeva il più coraggioso grazie ad un pizzico di polvere maleodorante; per altri fu il trionfo dell'egualitarismo, dissolvendosi la supremazia data da un lungo addestramento e da una sontuosa armatura.
Di sicuro il tuonare delle artiglierie scandì la fine del Medioevo e della sua anarchia, concludendo proprio con la ragione della forza, un'utopia che vanamente aveva cercato la forza della ragione. Significativamente un paio di secoli dopo, Luigi XIV farà incidere sui suoi cannoni *Ultima Ratio Regum*, riconoscendo nell'arma l'estrema ragione dei re.

In alto: *rudimentale cannone in bronzo cinese databile alla fine del XIII sec. Museo Storico di Shaanxi in Xi'An, Cina.*
A fianco, sopra: *miniatura sull'assedio di Orléans del 1428-29.*
A fianco, sotto: *il motto Ultima Ratio Regum impresso sulla culatta di un cannone del XVI sec..*

Parte Settima:
Artiglierie, razzi e pirofori

Il fuoco greco: il debutto della benzina

Balista e lanciafiamme non furono mai armi antiuomo ma macchine, per schiantare strutture e schermature lignee, a distanza l'una e per incendiarle, rapidamente, l'altro.[1] Operazioni belliche accessorie, sebbene fondamentali, per stanare il nemico e costringerlo al combattimento o alla resa. In quanto tali i loro archetipi si rintracciano ben definiti già in età ellenistica, per poi perfezionarsi costantemente in seguito, per massa e gittata dei proietti le prime, per pirofori e per i proiettori o *sifoni* i secondi. Non a caso la ricetta del fuoco greco, che per la storia rimonterebbe al 673, per la leggenda fu suggerita da un angelo all'Imperatore Costantino, per difendere la sua nuova capitale.[2] Fu però Papa Innocenzo II, nel Concilio Lateranense del 1139, a proibirlo insieme alla balestra per la loro atrocità: lettera morta per quest'ultima, ma, sostanzialmente accolta per il piroforo. Otto secoli di risaputi orrori appaiono eccessivi e sospetti per quella decisione, e persino più sospetta la rapida attuazione, coincidente significativamente col veloce diffondersi della polvere pirica! La dismissione del lanciafiamme, perciò, non andrebbe ascritta ad un'improbabile resipiscenza umanitaria ma all'avvento dell'artiglieria che lo rese, se non superfluo, scarsamente utilizzabile, ipotesi, questa, sì pienamente credibile.

Da quanto appena accennato, nel lanciafiamme occorre distinguere due linee tecnologiche, una chimica relativa al piroforo, l'altra idraulica relativa al sifone, complessità che lo rende un antesignano si-

1 Cfr. A. LA REGINA (acura di), *L'arte dell'assedio di Apollodoro di Damasco*, Roma 1999, pp. 51-81, trad. di G. Commare
2 Cfr. F. RUSSO, *Fuoco marino, tra leggenda e storia*, in Rivista Marittima, febbraio 2004, n° CXXXVII.

A fianco, in alto: *antica raffigurazione di papa Innocenzo II.*
A fianco: *dettaglio di un mosaico raffigurante l'Imperatore Costantino, Basilica di Santa Sofia, Istanbul.*

stema d'arma e non una semplice macchina da guerra, sia pure arcaica. Tuttavia configurandosi la guerra come la risultante della violenza organizzata, inferta col ferro e col fuoco, per tratteggiare l'evolversi della seconda componente, culminata ma non avviata col mitico fuoco greco, occorre rimontare, molto indietro nel tempo, ai pirofori per lo più liquidi. Questi, trassero origine da sostanze infiammabili presenti in natura, quali resina e pece colata dalle conifere, bitume raccolto negli affioramenti mesopotamici e nafta attinta in sorgenti arabe, lavorate e miscelate per adeguarle al lancio. Alessandro Magno ebbe una diretta esperienza delle peculiarità ustorie proprio di quella miscela di idrocarburi che i Persiani chiamavano *nafta*, così rievocata da Plutarco:

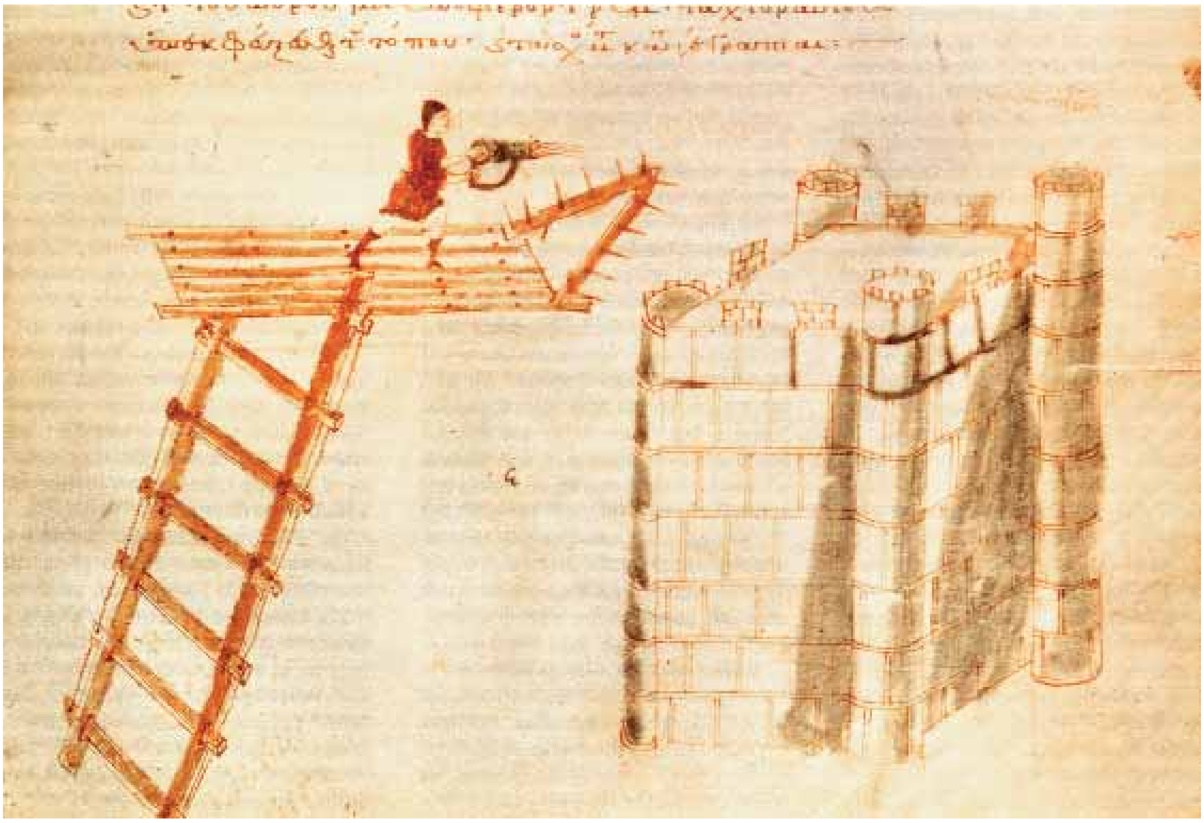
"*questa nafta somiglia per vari aspetti all'asfalto, ma è così sensibile al fuoco che, prima d'entrare in contatto con la fiamma, s'incendia per radiazione dalla stessa... Per dimostrare al re le proprietà e il potere del liquido i barbari sparsero un sottile velo di nafta lungo la strada per la sua dimora; poi dall'estremità della stessa vi accostarono le torce. Era buio e subito divampò il fuoco che in un istante, con la velocità del pensiero raggiunse la fine della strada, trasformandola in un unico rogo.*"[3]

Non si trattava più, quindi, dei rari getti ardenti provocati dall'autocombustione di emissioni spontanee, tipico per tutti quello di Ectabana, o di laghetti di nero petrolio come i noti di Apscheron presso Baku sul Mar Caspio, ma d'un liquido che poteva ottenersi per distillazione, quale che ne fosse la modalità. Di certo la sistematica distillazione della nafta sembra praticata in età ellenistica, grazie all'invenzione dell'alambicco, attribuita a Maria Giudea tra il II e I sec. a.C. ad Alessandria.[4] Suo tramite, infatti, fu possibile distillare l'essenza di trementina, o acqua ragia, nonché la stessa nafta da cui gli alchimisti arabi intorno al 500, e forse anche prima, riuscirono a trarre un liquido volatile ed estremamente infiammabile, la nostra *benzina*.

Rientrò, per intuibili ragioni, quasi certamente nella nuova ricetta del fuoco greco, ma tenendo presente il riferimento delle fonti alla sua vischiosità, per cui aderiva e si fissava a ogni superficie, si deve supporre nella miscela un additivo gelatinizzante, tipo grasso animale od olio vegetale. Nel 1942 la benzina addizionata con olio di palma fornì una gelatina adesiva che divampava furiosamente e non poteva essere spenta. Il suo nome, ricavato dalle sillabe iniziali di nafta e palmitato -*napalm*- divenne presto sinonimo di gratuita ed indistinta crudeltà: la constatazione che ai Bizantini non facevano difetto né la nafta, né l'olio di palma né, meno che mai, l'esigenza tattica[5], induce a ritenere che appunto quello fosse il loro mitico piroforo! La notevole complessità del fuoco greco certifica un *iter* evolutivo molto lungo, la cui fase finale dovette avviarsi in epoca tardo imperiale con pirofori senza dubbio efficaci, ma molto meno sofisticati. Condivisibile il parere di alcuni studiosi che, nella sua essenza, il fuoco greco fosse perfettamente noto già nel IV secolo, rientrando fra le miscele incendiarie usate correntemente dall'esercito romano negli investimenti ossidionali. Del resto se le pompe a doppio effetto più potenti, interamente di bronzo, i famosi sifoni, azionate da lunghe leve, riuscivano ad espellere quella miscela densa, provocando veri archi di fuoco, non così

3 Da PLUTARCO, *Vita di Alessandro*, 35.
4 Cfr. L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, terza ed. Milano 2003, p. 195.
5 Cfr. W. SANDERMANN, *Il primo ferro cadde dal cielo*, Bologna 1978, pp. 165-69.

In basso, a sinistra: *Maria Giudea in un'antica stampa.*
Sotto: *gli effetti della combustione del napalm.*



i proiettori più rozzi o più piccoli a mano detti anche *cheiro sifonon*, che richiedevano, invece, un liquido più fluido e volatile, acceso da una fiammella pilota posta dinanzi l'ugello dell'arma.[6]

6 Cfr. F. RUSSO, *La guerra del fuoco, in Archeo n° 300, febbraio 2010.*

Sopra: *miniatura tratta dal Codex Vaticanus Graecus 1605, raffigurante l'impiego di un lancifiamme manesco.*

Sotto: *miniatura tratta dal Codex Skylitzes Matritensis, Biblioteca Nacional de Madrid, (Vitr. 26-2, Bild-Nr. 77, f 34 v. b.) del XII sec., relativa ad uno scontro navale con utilizzo di fuoco greco.*

Anche l'Imperatore bizantino Leone VI (886-912) ricorda nel suo trattato *Tactica* ben tre tipi di pirofori[7], senza ovviamente divulgarne la composizione, limitandosi a ribadirne l'idoneità d'ognuno ad un preciso impiego. Il primo, il fuoco greco per antonomasia, veniva proiettato dalla prua dei dromoni tramite lunghi tubi di rame, tra violenti boati e densi fumi. Con il secondo tipo, invece, si riempivano degli ordigni incendiari che sembrano anticipare le note *bottiglie Molotov*. Quanto al terzo, sembra destinato ad un sifone a mano, una miniaturizzazione di quello navale cioè un *micron sifonon –μικρων σιφώνων-* cioè un lanciafiamme manesco. Un'ottimizzazione di un'arma già da secoli esistente, sebbene con prestazioni più modeste.[8]

7 Cfr. LEONE il TATTICO, *Tactica*, cap. XIX, *De navali proelio*, VI.
8 Cfr. E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie dalle origini ai giorni nostri*, Milano 1919, pp. 23-39.

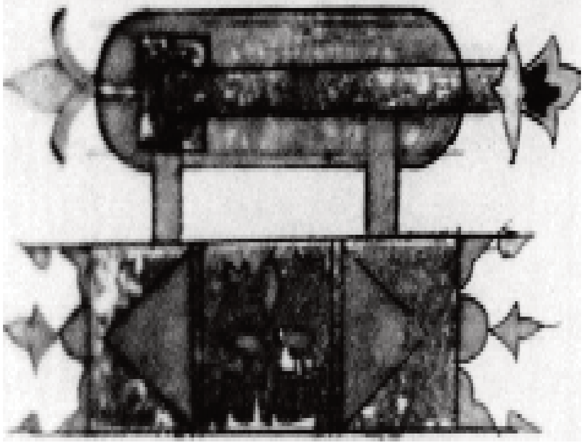
In alto: *lancio di granate incendiarie in un Codice cinese del X sec.*.
Sotto: *granate incendiarie arabe del XII sec.*.

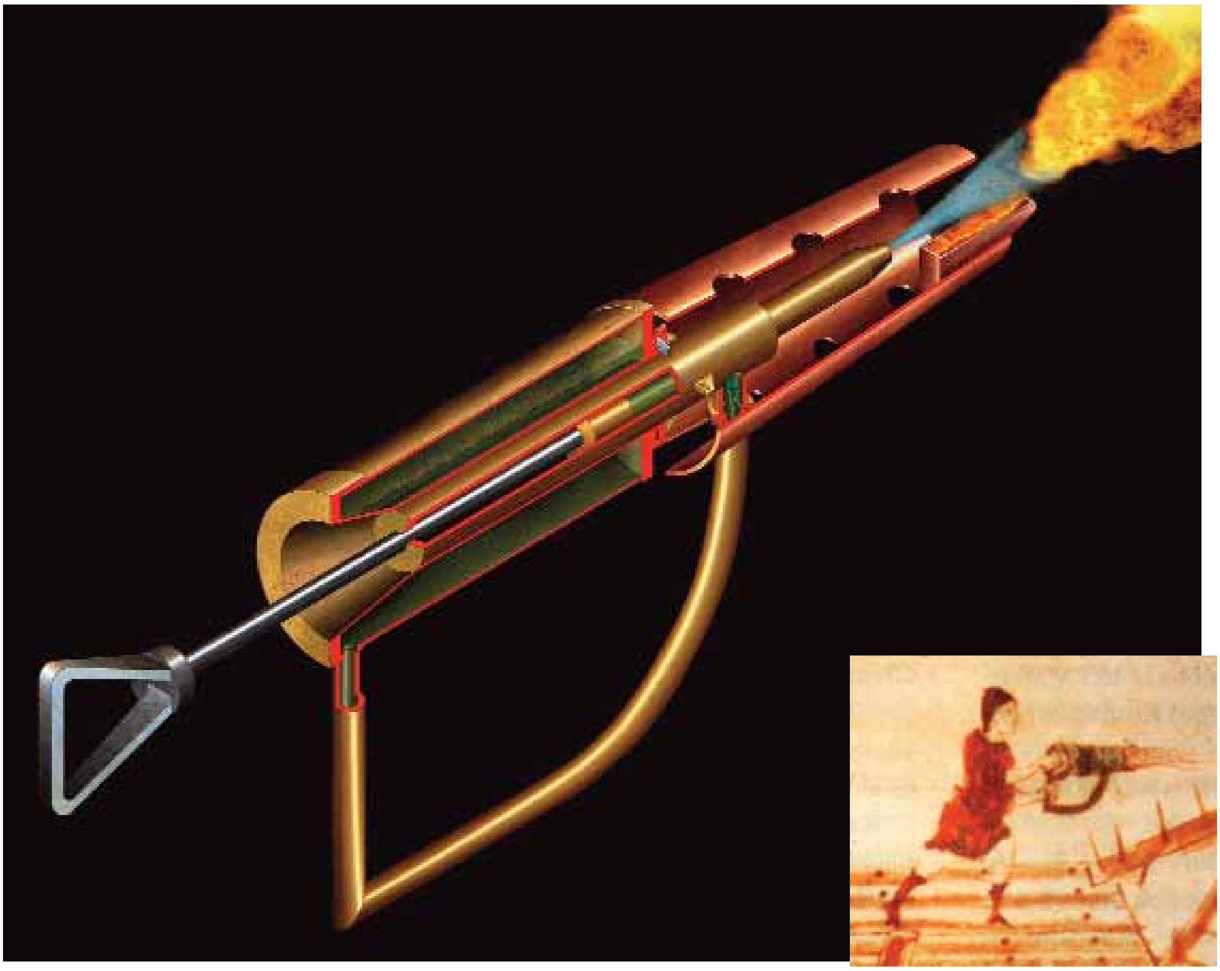
Come già ricordato nel primo volume, nell'*Alessiade* di Anna Comnena, figlia dell'Imperatore Alessio Comneno (1081-1118), è precisato che il fuoco greco era lanciato dagli *strepta* e per mezzo di tubi, manovrati da un unico uomo di provata esperienza. La stessa autrice ricordava, inoltre, che il terrore prodotto dai lanci scaturiva anche dall'innaturale traiettoria orizzontale delle fiamme, fatta convergere dal direttore del tiro dove ritenesse opportuno con queste parole: *"i barbari, da un lato* [erano] *terrorizzati dal fuoco gettato (né erano abituati a tali armi: il fuoco, il quale per sua natura si muove verso l'alto, veniva invece scagliato ovunque volesse il lanciatore, sovente verso il basso o ai lati)"*.[9] Una rozza miniatura sembra certificarlo, tramandandoci un'arma impugnata a due mani dalla quale fuoriesce una fiamma, priva però di qualsiasi serbatoio separato.

L'impiego deve ritenersi anche in questo caso la combustione delle protezioni lignee nemiche e delle macchine ossidionali durante sortite notturne, costituendo il *flammiere* in qualsiasi altro caso un bersaglio fin troppo facile ed inerme.

9 Cfr. ANNA COMNENA, *Alexiade*, III, IX, 10.

Sotto: *Sifone lanciafiamme per fuoco greco in una illustrazione del codice di Aniq fi ´l Manajaniq, Ms. Ahmad III 1469, custodito presso la Topkapi Library, Istanbul.*





Il cannone a vapore

Ben diverso, infatti, sarebbe risultato l'esito dell'impatto di proietti incendiari, in grado di appiccare indomabili incendi negli scafi in brevissimo tempo anche con la nave in fuga. Senza contare che trattandosi in sostanza dell'uso di baliste armate con risapute munizioni pirofore, non avrebbe innescato sbalordite menzioni. E proprio una balista, costruita per scagliare palle metalliche alla distanza di un tiro freccia, Archimede sembra averla progettata e costruita nel 213 a.C., proprio l'anno prima dell'assedio romano di Siracusa. Una strana rievocazione di quell'enigmatico evento è fornita da un altro storico bizantino nel '300, Johannes Zanoras, già comandante della guardia imperiale dell'Imperatore Alessio Comneno, che così scrive:

"Che piu' meravigliosamente ruinò l'armata de' Romani. Perché con un certo suo specchio attaccato verso la sfera del sole, rattenne i raggi; si che l'aria da quelli infiammata, per la densità, e leggerezza dello specchio, fece si forte, che a diritto distesasi la fiamma nelle navi, l'abbruciò tutte."[10]

Scriveva ancora , notizia per noi più interessante, che nel 512 si ebbe un nuovo impiego degli specchi ustori

10 Da J. ZANORAS, *Historia*, Venezia 1560, trad. di M. Emilio Fiorentino p. I, p. 47.

In alto: *ricostruzione del lanciafiamme manesco d'assalto e dettaglio del flammiere raffigurato nel Codex Vaticanus Graecus 1605.*
A fianco: *l'uccisione di Archimede, durante l'assedio romano di Siracusa del 212 a.C..*

contro la flotta del ribelle Vitaliano, spintosi sotto le mura di Costantinopoli, in questi termini:

"a Vittaliano di Tracia, il quale tirati dalla sua i Misi, e gli Scithi, mosso havea seditione, predato tutto l'contado di Costantinopoli, e che con l'armata assediava la città, per via di Mariano prefetto fece resistenza, e fatta una battaglia navale, vinse l'armata de' nimici con una certa machina fatta da Procolo huomo eccellentissimo. Quest'huomo valentissimo era, e di gran fama in Filosofia, e nell'arte mechanice; ne solamente sapea far ciò che mai fatto havea Archimede famosissimo artefice, ma etiamdio trovate havea molte cose di nuovo non vedute prima. Hora la fama è che costui di rame facesse uno specchio abbruciatorio, et posto fuori del muro al dirimpetto dell'armata, in quella che' raggi del sole cominciorno a percuotervi dentro, di quello usciva un fuoco a guisa di fulgore, che non pur abbruciò le navi de' nemici, ma tutta la gente che v'era su; Dione dice che questo istrumento fu trovato da Archimede quando i Romani assediavano Siracusa."[11]

La descrizione, tuttavia, più che a degli specchi ustori propriamente detti, sembra una volta ancora attagliarsi a un'arma che lanciava fiamme o pirofori tramite uno specchio ustorio. Al di là delle dicerie, una ambigua testimonianza dell'arma si legge in Petrarca, che l'apprese da un manoscritto di Cicerone, da lui recuperato in un monastero, studiato pure da Leonardo da Vinci[12] che ne ricavò scarne annotazioni, corredate da sommari schizzi, prima di essere perso definitivamente. Si sarebbe trattato di una balista a vapore, concettualmente affine alla coeva balista ad aria compressa di Ctesibio. Che ambedue le armi non fossero un'utopica elucubrazione lo confermano i cannoni da 380 mm ad aria compressa, montati sull'incrociatore statunitense Vesuvius nel 1890, ed i cannoni a vapore utilizzati nella guerra civile americana. Così il Petrarca:

"Straordinario, se non anche le palle di bronzo, che vengono scagliate con tuono orribile. Non era abbastanza l'ira di Giove che tuonava dal cielo, se il piccolo uomo (o crudeltà unita alla superbia) non avesse tuonato anche dalla terra: la violenza umana ha imitato il non imitabile fulmine, come dice Virgilio. E quello che di solito è scagliato dalle nuvole, e mandato con uno strumento sì di fuoco, ma infernale. Ed alcuni ritengono che questo sia stato inventato da Archimede, nel tempo in cui Marcello assediava Siracusa. Per la verità lo escogitò per difendere la libertà dei suoi cittadini, sia per allontanare sia per differire la rovina della patria; e voi vene servite, invece, per opprimere i popoli liberi o col giogo o con la distruzione. Questa peste non molto tempo fa rara, ora siccome gli animi sono succubi alle cose più malvagie, è comune come qualsiasi genere di armi."[13]

Per L. A. Muratori[14] il brano certifica la presenza delle artiglierie a polvere già prima del 1344, ed almeno in parte la sua conclusione è ineccepibile: il riferimento alle bocche da fuoco appare evidente ed inconfutabile. Ma ad un più accorto esame le parole del Poeta sembrano riferirsi però a due tipi di armi, fra loro molto simili: un'antesignana artiglieria che scaglia palle di bronzo con un terribile tuono ed un'artiglieria a polvere pirica, comparsa da pochi decenni, che a sua volta scagliava con altrettanto fragore palle di pietra. Differenza questa non marginale né irrilevante, tant'è che quando con i cannoni di Carlo VIII nel 1494 debutteranno le palle di ferro,

11 Da J. ZANORAS, *Historia...*, cit., III parte p. 87.

Sotto: *Francesco Petrarca in una raffigurazione medievale.*

12 Cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*, Napoli 2009, pp. 215-216.
13 Cfr. F. PETRARCA, *Utriusque Fortunae*, lib I, p.275.
14 Cfr. L. A. MURATORI, *Antiquitates Italicae Medii Aevi... Dissertatione XXVI.*

per i castelli tradizionali, sia pure di transizione, sarà la fine e con essi anche del Medioevo. Ora è indubbio che la peculiarità delle più arcaiche bombarde fosse il tuonare, tant'è che venivano differenziate dalle generiche *tormenta* non per gli esiti ma per essere *tonanti*! È anche indubbio che quelle bocche da fuoco non spararono mai né palle di ferro né, meno che mai, di bronzo, metallo di gran lunga più costoso, entrambe inidonee a bocche da fuoco dall'anima non alesata. Tiravano perciò, e continueranno a farlo per un altro secolo e mezzo, palle di pietra come le tradizionali baliste. Assurdo, quindi, che Petrarca, ben sapendo la recentissima comparsa di quelle bocche da fuoco, le attribuisse ad Archimede! Più sensato, perciò, reputarlo un dotto riferimento alla comune concezione di due distinti tipi di artiglierie, entrambe armi termiche, e più in generale macchine termiche, delle quali la bombarda a combustione interna e la balista a vapore, a combustione esterna.

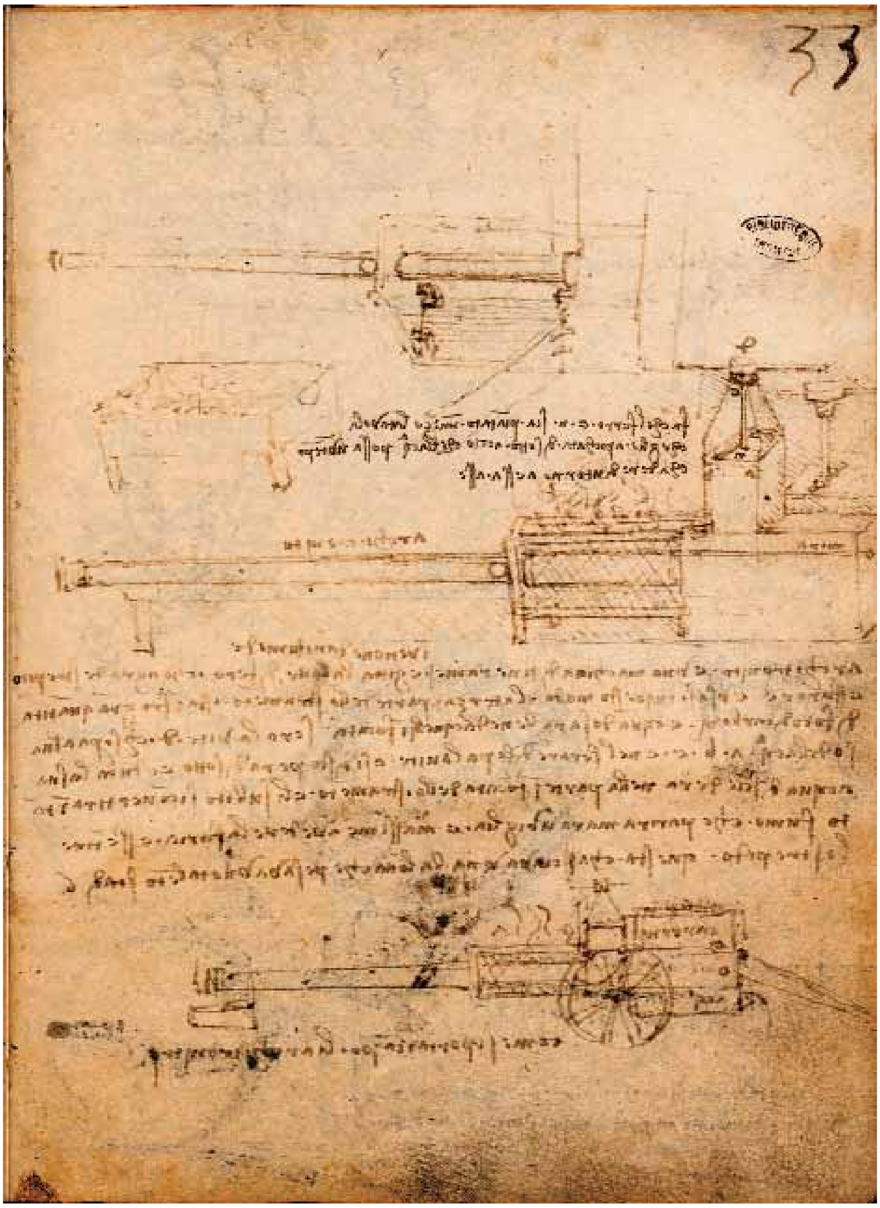
A ribadire l'ipotesi, come accennato, Leonardo da Vinci il quale affermò, sul finire del '400, che Archimede costruì una sorta di cannone azionato dal vapore. Per lui fu la sua più grande invenzione, che ribattezzò *architronito*, e così descrisse:

"Architronito è una macchina di fine rame, invenzione di Archimede, e gitta ballotte di ferro con grande strepito e furore; e usasi in questo modo: la terza parte dello strumento istà infra gran quantità di foco di carbone, e quando sarà bene da quelli infocata, serra la vite d, ch'è sopra al vaso dell'acqua a b c, e nel serrare di sopra la vite, e' si distopperà di sotto, e caduta la sua acqua discenderà nella parte infocata dello strumento, e li subito si convertirà in tanto fumo, che parrà meraviglia, e massime a vedere la furia e sentire lo strepito; questa cacciava una ballotta, che pesava uno talento, a stadi 6."[15]

In base alla lettura del manoscritto e alle sue competenze d'ingegnere militare, tracciò alcuni schizzi del sistema d'arma, ma non avendolo costruito si limitò a riproporne le prestazioni balistiche tramandate nel testo originale, che ovviamente le menzionava con le unità di misura greche vigenti nel III sec. a.C.. Leonardo, infatti, non poteva in alcun modo sapere che l'antico *talento* greco valeva circa 100 libbre romane, ≈33 kg, corrispondenti a una palla di ferro del diame-

15 Da LEONARDO da VINCI, ms B, f. 33r.

Sotto: *la pagina 33r del Ms. B di Leonardo da Vinci, nella quale è descritto l'architronito.*



tro Ø 20 cm, che non era di certo una *ballotta*; né che sarebbe giunta a quasi un km essendo lo *stadio* circa 166 m! Un vero cannone a vapore del quale, tuttavia, immaginandone la rilevanza giustamente concludeva:

"Chi avessi trovata l'ultima valetudine della bombarda, in tutte sue varietà, e presentato tale segreto alli Romani, con qual prestezza, avrebbero conquistata ogni terra e superato ogni esercito... E qual premio era che potessi equipararsi a tanto benefizio? Archimede, ancora che lui avesse grandemente danneggiati li Romani alla spugnazione di Siracusa, non li fu mai mancata l'offerta di grandissimi premi da essi Romani..."[16]

Marcello, per la verità, capì la rilevanza dello scienziato ma non poté assicurarsene le prestazioni, come faranno gli Americani con von Braun, avendolo per sbaglio ucciso un suo soldato! Che il supposto manoscritto non fosse una mera chimera si arguisce da vari indizi, tra cui una strana affermazione circa il contesto della sua invenzione. Antonio Favaro, un matematico e storico delle scienze (1847-1922) nella biografia di Archimede, precisò:

"*al tempo in cui il Torelli scriveva*[17] *non era ancor noto un passo di Leonardo da Vinci, il quale nota d'aver «ritrovato nelle storie delli spagnioli» che Archimede Siracusano si trovava presso Eclideride, re dei Cilodastri, nel tempo in cui erano in guerra con gl'inglesi, e, combattendosi sul mare, suggerì certa disposizione da darsi all'armata delle navi per la quale poteva lanciarsi facilmente pece infuocata che obbligava il nemico ad abbandonare il combattimento e metteva in grave pericolo i vascelli.*

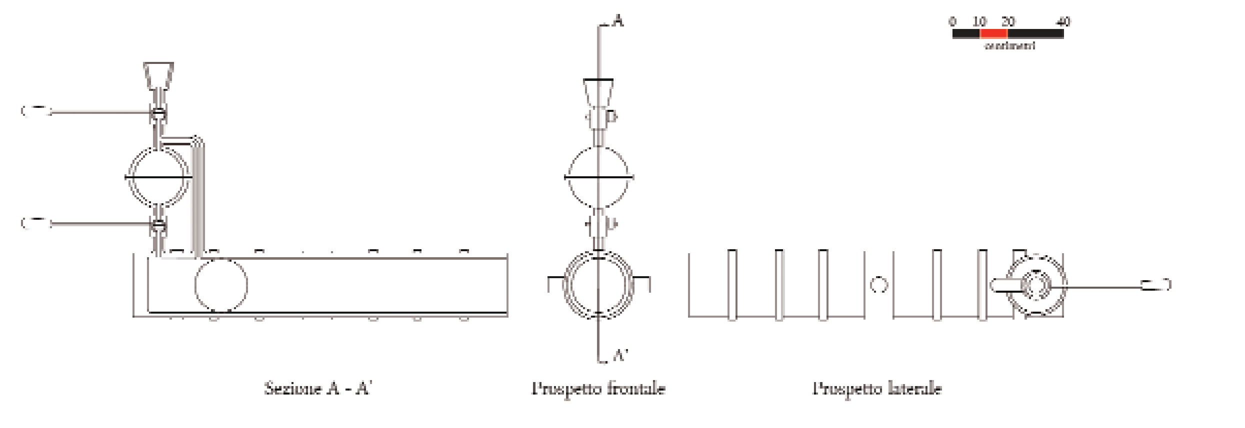
In quale istoria della Spagna abbia Leonardo trovata menzione di tale fatto nessuno finora ha saputo dire: in capo al brano autografo si legge d'altra mano «Historia de los espagnolos antiguos», ma persone dottissime in materia non sono state in grado di trovare conferma del fatto, non solo, ma neppure menzione del re e del popolo presso il quale sarebbe stato Archimede, esercitando in certo qual modo le funzioni di ingegnere militare. Sicché, a meno di trovarne conferma in altre fonti, che non sapremmo nemmeno dire quali potrebbero essere, non solo il fatto riferito da Leonardo, ma anche il soggiorno dello stesso Archimede nella Spagna deve essere relegato tra le cose meno sicure che intorno alla vita di lui ci vennero tramandate.

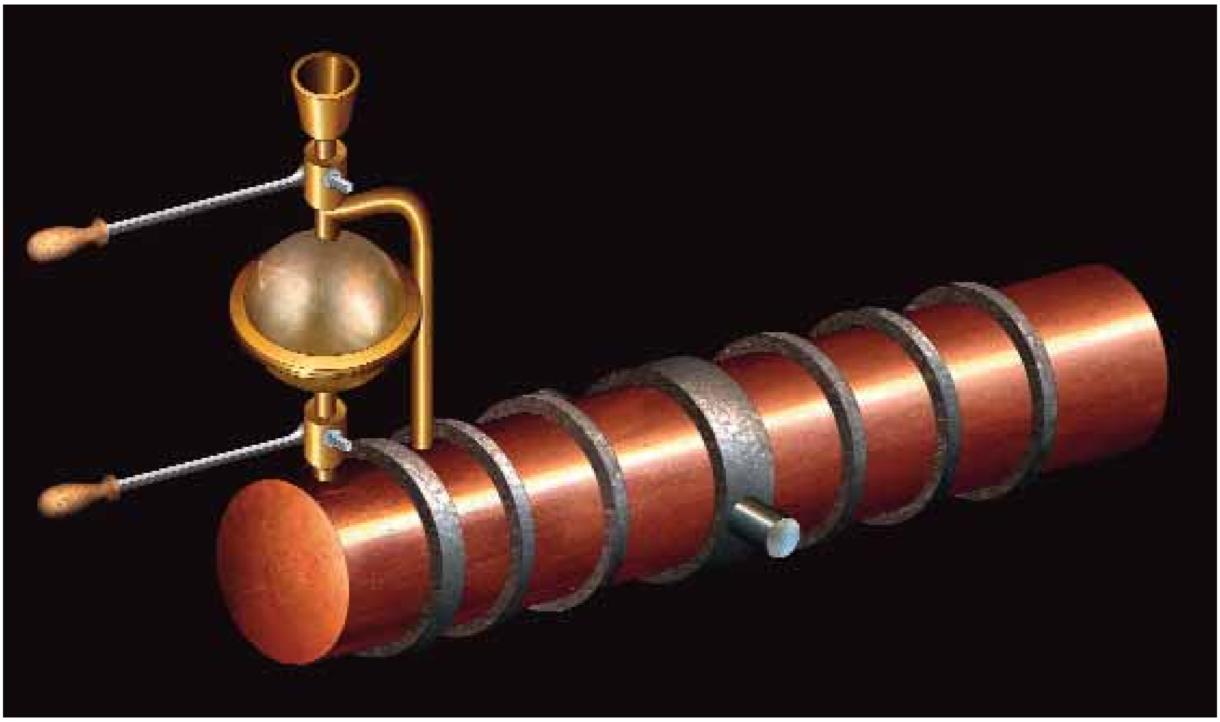
Assai più probabile è che Archimede, dopo quel suo viaggio in Egitto, dove, attratto dalla fama della scuola d'Alessandria aveva compiuta la sua educazione matematica, vi sia tornato dopo che erasi diffusa la fama del suo genio, o chiamato dallo stesso Tolomeo, o mandato dal re Gerone, perché ad un secondo soggiorno Egiziano crediamo devano riferirsi le grandi imprese che gli storici raccontano aver operato in quel paese".[18]

Dunque, dal momento che Leonardo mai si sarebbe sognato di inventarsi biografie storiche, non avendone peraltro né la competenza necessaria né l'interesse a farlo, si deve necessariamente concludere che fa riferimento ad una fonte a noi ignota. Probabile, come alcuni studiosi sostengono, che Eclideride sia la storpiatura di El Cid Ruy Diez, vissuto nel X secolo. Probabile, pure, che Eclideride, fosse un tiranno di una delle varie colonie greche in Spagna. Ma assurdo ritenere l'intero episodio falso: Archimede andò in Egitto e soggiornò ad Alessandria, intorno al 250 a.C., tant'è che stando a Diodoro Siculo:"*è chiamata vite,* [la coclea] *inventata da Archimede di Siracusa al tempo del suo viaggio in Egitto...*"[19] Forse vi tornò ancora, ma ai fini della nostra ricerca conta ben poco: se Leonardo poteva fraintendere nomi e circostanze inerenti Archimede, non poteva però fraintendere, o

16 Ibidem.
17 Cfr. G. TORELLI, *Archimedis quae supersunt omnia cum Eutocii Ascalonitae commentariis*, Oxford 1792.
18 Da A. FAVARO, *Archimede*, II, seconda ed., Roma 1923.
19 Da DIODORO SICULO, *Storia Universale*, lib. V, 37.

Sotto: *ricostruzione ortogonale dell'architronito di Archimede.*





inventarsi di sana piana, attribuendoglielo, un sistema d'arma di indubbio interesse, né farne dei disegni dettagliati e funzionanti, sempre ricordato come una sorta di cannone a vapore per impiego incendiario e navale, a Siracusa o in Spagna.

Al di là della definizione molto supponente di cannone, l'arma propriamente detta appare molto semplice. Volendola descrivere meglio, partendo dai disegni di Leonardo, dalle parole di Petrarca e dai prototipi in seguito costruiti, dobbiamo ritenere che fosse composta di un piccolo serbatoio per l'acqua d'un sol colpo, di un cilindro cieco di rame, simile a un cannone ad avancarica, e da un braciere. Il serbatoio era dotato di due tubi, rispettivamente di carico in alto e in basso di scarico nella culatta del cilindro, con le relative valvole. Dalla culatta partiva pure un altro tubo che intercettava quello di carico, tra la valvola e il serbatoio. L'attivazione dell'arma si avviava con il serbatoio pieno ed entrambe le valvole chiuse: inserita la palla nell'anima ed acceso il braciere, quando il cilindro diveniva rosso, intorno ai 700°, si apriva la valvola di scarico. L'acqua, prossima all'ebollizione, scendeva nel cilindro trasformandosi istantaneamente in vapore e produceva un violento getto di vapore che scagliava la palla. Questa poteva anche essere di terracotta ripiena di liquido infiammabile, come le lucerne: all'impatto fracassandosi spandeva il liquido all'intorno appiccando il fuoco. Di palle del genere ne sono state ritrovate diverse nel Vicino Oriente, sebbene d'epoca posteriore.

Resta a questo punto l'enigma degli specchi ustori, che offre però una razionale interpretazione: il cannone di rame disegnato da Leonardo si arroventava grazie ad un braciere, sistema a dir poco scomodo. Significativamente altri suoi disegni testimoniano la costante ricerca di efficaci specchi parabolici da usarsi come caldaie solari, per saldare piastre di rame. Ora, considerando che indipendentemente dalla dimensione del cilindro, era la sua superficie a contatto con la brace a determinarne l'entità del riscaldamento, la procedura non ammetteva accelerazioni, risultando perciò scomoda ed inevitabilmente lenta. Nettamente diversa, invece, se uno specchio parabolico avesse concentrato i raggi solari sulla culatta di rame: nessuna dispersione o riduzione termica per esaurimento del carbone, nessun farraginoso arroventamento. Un compatto sistema d'arma, che orientato verso il sole, in pochi minuti sarebbe stato pronto al tiro. Bastava allora far sporgere al di sopra delle mura, la volata di rame, puntarla verso un bersaglio ed aprirne la valvola, per vederlo subito avvolto dalle fiamme! Emblematiche, perciò, le parole di Plutarco che così rievoca:

"Marcello vide i Romani così atterriti che, se appena si avvistava una fune o un legno sporgente di poco sopra le mura gridavano: 'Archimede sta dirigendo qualcuno dei suoi ordigni su di noi' e si davano a pazza fuga."[20]

20 Da PLUTARCO, *Vite parallele...*, cit., *Pelopida e...* 14-15.

In alto: *ricostruzione virtuale del cannone a vapore di Archimede.*

Tormenta tonante

Quando il cannone abbia tuonato per la prima volta la Storia non lo dice, anche per l'incertezza della sua definizione.[21] Stabilire, infatti, quando: "*l'artiglieria sia stata usata per la prima volta dipende in larga misura dalla definizione di artiglieria che si assume; indicare una data precisa equivale ad ignorare la gradualità del progresso tecnologico.*"[22] Ridotto a macchina per lanciare proietti tramite la spinta impressagli dall'ossidazione della polvere pirica, lo si ritrova così citato nelle fonti:

"1284-*Balistas, quarellos, cannuncolos pro projicendo igne silvestro...*

1299-*Che a pietra di bombarda arma va poco...*

1311-*I Bresciani... si difendevano e con mangani e con bombarde...*

1319-*Super naviglio... artificium longum et ingens, ad ister tubae, in que ignis magna quantitas et frequenter accendibilis ferebatur*

1326-*...fieri fatiendum... pilas seu palloctas ferreas et canones de metallo...*

1331-*...ponentes vasa versus civitatem...*

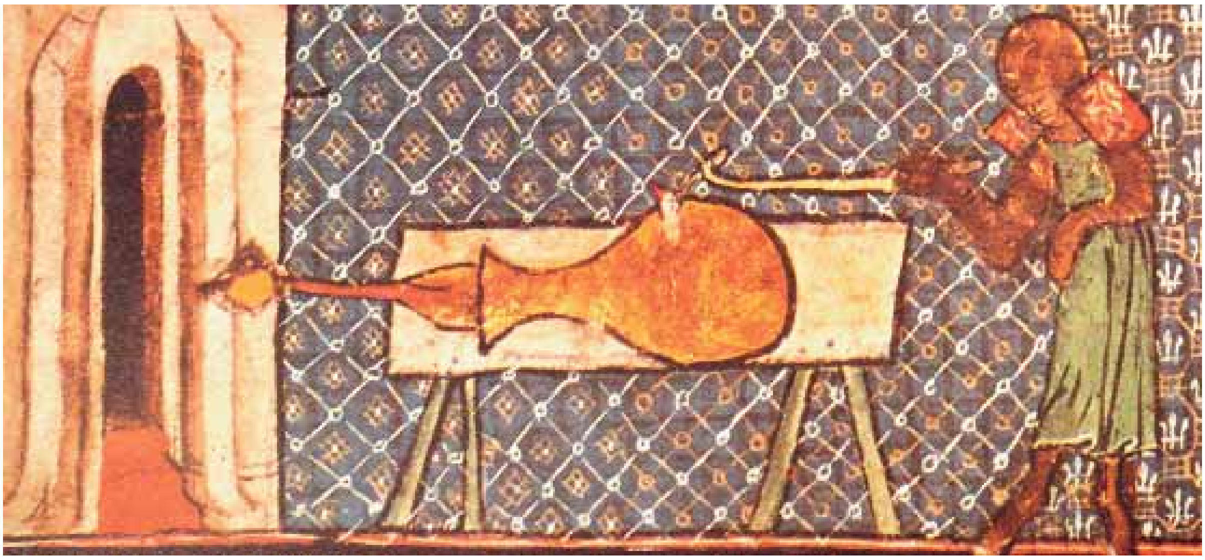
1333-*Maximam quantitatem sclopetorum et spingardarum per terram et per acquam.*"

Cosa fossero, in realtà, che forma avessero e che tipologia di proietti scagliassero è improbo accertarlo. Alcune miniature fanno immaginare dei rozzi vasi di bronzi panciuti, dalla cui bocca spunta una freccia: forse furono proprio quelle le prime artiglierie, usate come approssimate balestre! Fatta salva la funzione, le arcaiche bocche da fuoco esito di soggettivismo formale, funzionale e metallurgico, ben poco avevano in comune con le successive bombarde e, meno ancora, con i cannoni propriamente detti. Le più antiche, infatti, si ottennero per assemblaggio di verghe di ferro o per fusione di bronzo.[23] Circa le prime, si adottò la tecnica del bottaio[24], non sapendosi colare la ghisa idonea almeno fino alla metà del '500.[25] Pertanto, per circa due secoli, l'unico modo per costruire pezzi in ferro consistette nel saldare longitudinalmente fra loro molte doghe intorno ad un nocciolo cilindrico, che estratto al termine della lavorazione generava l'*anima* dell'arma. Onde evitare che una canna siffatta si squarciasse allo sparo, la si cerchiò, forzandovi intorno diversi anelli di ferro. Ne risultava un tubo aperto da entrambe le estremità, caratteristica che diede origine ad una peculiarità pres-

21 Cfr. C. MONTU', *Storia della Artiglieria Italiana*, Roma, 1934, vol. I, pp. 83 e sgg..
22 Da C. M. CIPOLLA, *Vele e cannoni*, Imola 1983, p. 15, nota 2.

23 Cfr. W. H. MC NEILL, *Caccia al potere. Tecnologia, armi, realtà sociale dall'anno Mille*, Varese 1984, p. 74.
24 Cfr. E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*, cit., pp. 77 e sgg..
25 Cfr. C. M. CIPOLLA, *Vele...*, cit., pp. 17-38.

Sotto e in basso: *ricostruzione ed illustrazione originale di una bocca da fuoco lancia verrettoni, da un codice manoscritto del 1326.*

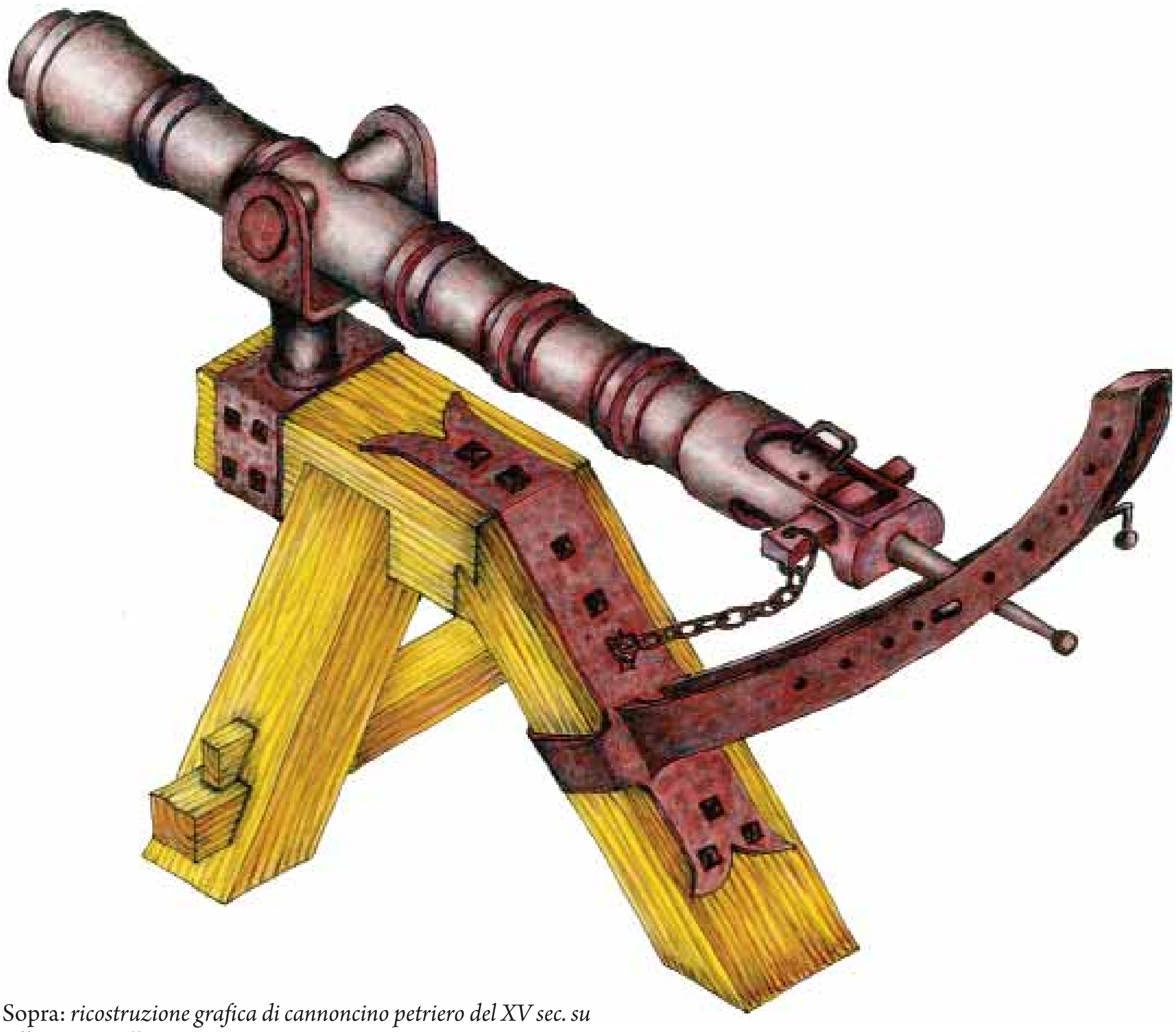


soché esclusiva di tali artiglierie: il caricamento dalla culatta, o *retrocarica*, soluzione che, risolti i tanti inconvenienti, dalla metà dell'800 s'imporrà per tutti i cannoni.[26]

La costruzione, appena accennata, iniziava con l'approntamento delle doghe e dei relativi anelli, che dopo assemblati finivano in un forno a riverbero dove, con una parziale fusione superficiale, si eliminava ogni interstizio.[27] Nonostante tale rozza concezione, alcuni vantaggi di quei cannoni, detti *petrieri*, ne prolungarono l'uso fino al secolo XIX! Scriveva nel 1621 il Sardi nel suo trattato: "*Si trovano alcuni Pezzi che si dicono a Braga, quali si caricano con i serventori, o vero Mascoli; questi si usavano anticamente di ferro battuto et in questi nostri tempi si usano di ferro e di Bronzo puro… Questi non si cavalcano sopra a Ruote, ma sopra alcuni grossi ferri a forcella...* [e] *con una coda lunga di ferro di dietro alla Braga si possono volgere et girare, da qual parte l'uomo vuole, con molta facilità e prestezza. Tirano Balle di Pietra; et spesso si caricano con Pezzetti di Ferro, et scaglie di Pietra, et catenette, e... le scaricano con grande*

26 Cfr. E. BRAVETTA, *L'artiglieria...*,cit., pp. 188 e ssg..
27 Cfr. F. RUSSO, *E venne il tuono*, in Medioevo, n°160, maggio 2010.

In alto: *Cannoni petrieri del XIV-XV sec.*
Sopra: *Mascolo di cannone petriero, XIV sec.*
A fianco: *Grosse bombarde in ferro a doghe cerchiate del XIV sec.*



Sopra: *ricostruzione grafica di cannoncino petriero del XV sec. su affusto a cavalletto.*
A fianco, in basso: *mascolo in ferro fuso, XV sec..*

mortalità, et danno dei nemici…"[28]

In definitiva una grossa lupara, il cui peggior difetto era la scarsa tenuta dei gas di sparo, con ampie sfiammate e rotture della staffa. Per frustrare quei temuti incidenti, la carica dei petrieri si mantenne sempre notevolmente inferiore a quella delle bombarde di bronzo di pari calibro, più facili da costruire e più sicure da maneggiare ma anche molto più costose. Quanto all'artiglieria gettata in bronzo con la tecnica delle campane, debuttò all'indomani della precedente ed incontrò subito grande favore perché non soggetta alla corrosione e, soprattutto, perché con la fusione si ottenevano pezzi chiusi posteriormente, che caricandosi dalla bocca, *avancarica*[29], eliminavano tutti i pericoli e le difficoltà connessi

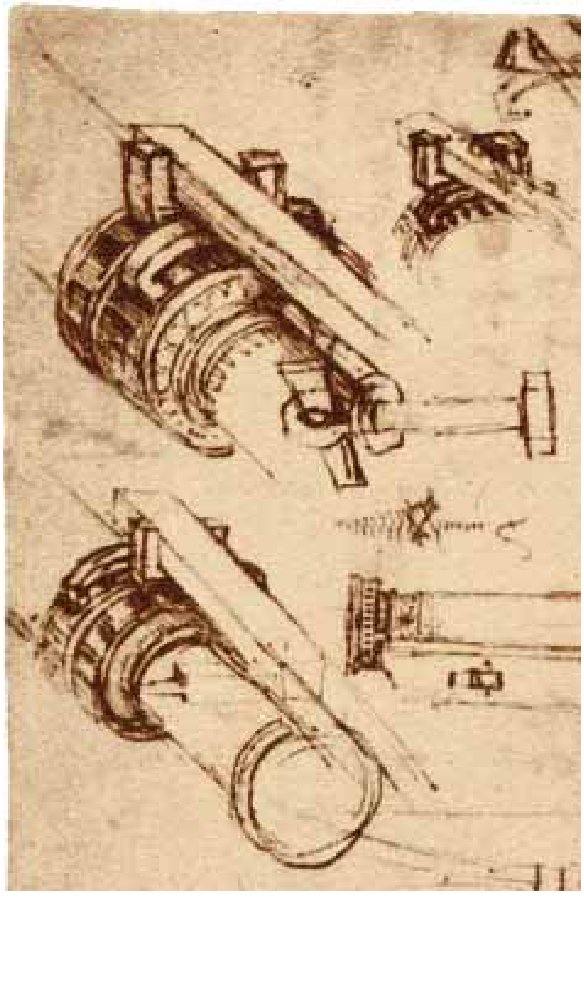
28 Da P. SARDI, *L'Artiglieria*, Venezia 1621. La citazione è tratta da E. Bravetta, *L'artiglieria...*, cit., pp. 195-196.
29 Cfr. D. DIOTALLEVI, *Le artiglierie da fuoco nei primi secoli di utilizzo*, in *Rocche e bombarde fra Marche e Romagna nel XV secolo*, Ravenna 1995, pp. 136-140.

Miniatura tratta dal codice H. 1523 del sec. XVI, conservato nella biblioteca Topkapi di Istanbul, raffigurante l'ingresso vittorioso di Bejazed I nella città di Nicopolis di Bulgaria, allora importante piazzaforte turca.

con l'otturazione posteriore. Certamente il ferro costava meno, ma le migliori prestazioni del bronzo annullavano quel vantaggio.

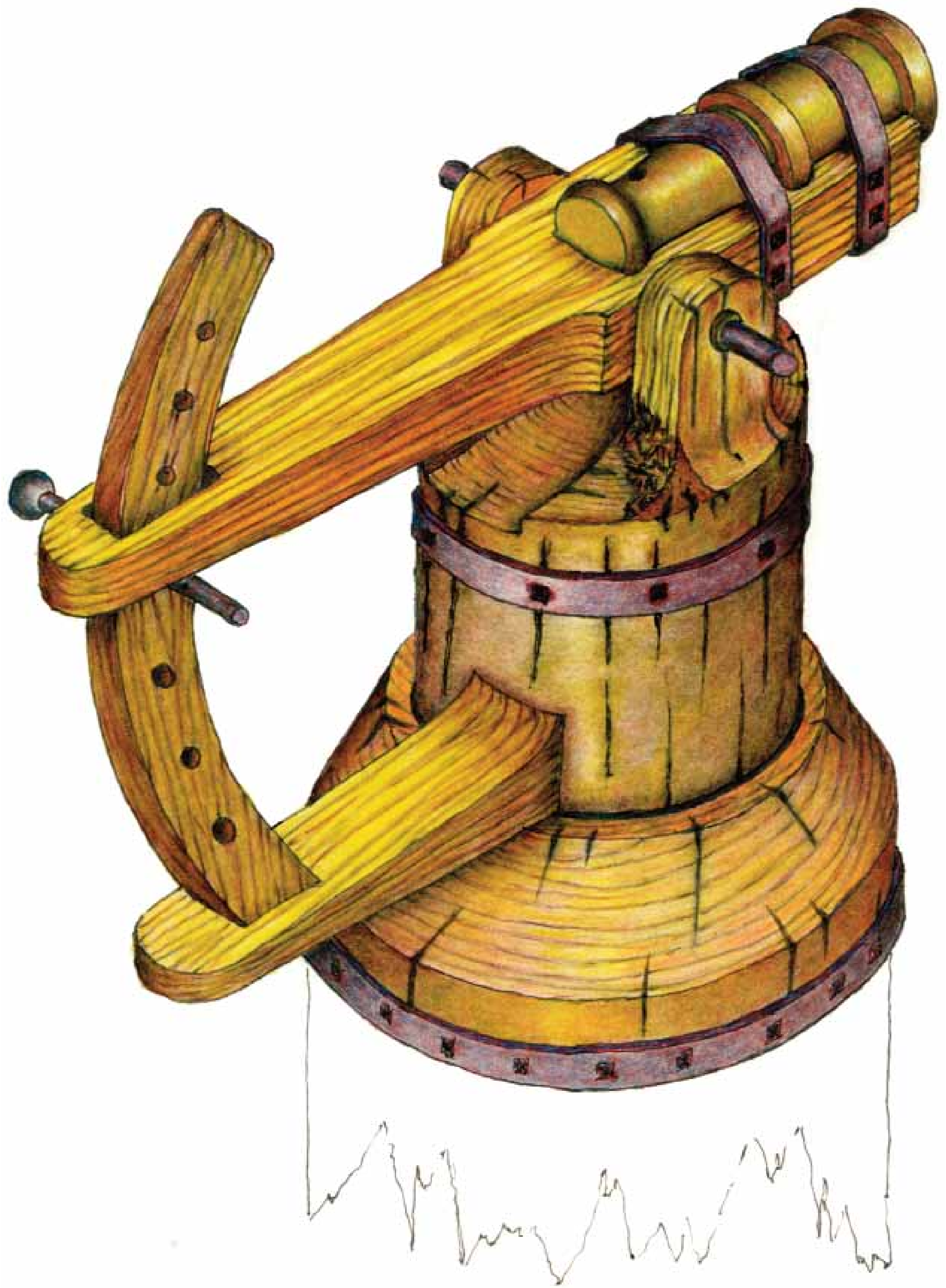
La costruzione delle bombarde di bronzo iniziava dalla formazione di uno stampo ottenuto avvolgendo intorno ad un cilindro di legno, capace di rotare, trecce di paglia e ricoprendole con uno strato d'argilla. Fatto girare il cilindro, una sagoma ne regolarizzava il profilo ricavandone, dopo l'essiccazione, delle matrici in cui si sarebbe colato il bronzo. All'interno, in posizione assiale, si poneva un nocciolo cilindrico dal quale scaturiva l'anima, una volta rimosso dopo il raffreddamento del metallo. Non esistendo alcuna regolamentazione dei calibri, ogni bocca da fuoco richiedeva una sua palla, di calcare o di granito, con le immaginabili conseguenze. Scriveva al riguardo Francesco di Giorgio Martini, intorno al 1480: "*È da sapere che le macchine delle bombarde con più varie e diverse misure e forme si fanno… E quando la tromba di troppo pondo fusse, a vite di più pezzi far si può…*"[30] Per il celebre tecnico, come pure per Leonardo,

30 Da F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare,* a cura di C. Maltese, Verona 1967, L 53v, in vol. I, p. 220.



le bombarde sono ancora di due parti avvitate fra loro, molto simili a quelle degli inizi del secolo precedente.

A fianco: *disegno di Leonardo da Vinci, Codice Atlantico f. 37r, che illustra il sistema usato per giuntare i due pezzi delle grosse bombarde che si avvitavano tra loro con opportune leve.*
Sopra: *bombarde di varie dimensioni della prima metà del XV sec..*



Ricostruzione grafica di bombardella in bronzo su affusto basculante collocato su ceppo, XIV-XV sec.

Ma in quegli stessi anni una serie di perfezionamenti, ciascuno dei quali noto ed adottato da tempo, vennero tutti applicati alle artiglierie francesi che Carlo VIII si portò al seguito nel 1494 calando in Italia[31], così ricordati dallo stupefatto Guicciardini:

"Le bombarde che per tutta Italia s'adoperavano nelle oppugnazioni delle terre, erano grossissime in modo che per la macchina grande e per la imperizia degli uomini e attitudine mala degli instrumenti, tardissimamente e con grandissima difficoltà si conducevano, piantavasi alle terre co' medesimi impedimenti, e piantate, era dall'uno colpo all'altro tanto intervallo che con piccolissimo frutto a comparazione di quello che seguitò da poi, molto tempo consumavano; donde i difensori de' luoghi oppugnati avevano spazio di potere oziosamente fare di dentro ripari e fortificazioni... I franzesi, fabbricando pezzi molto più espediti né dall'altro che di bronzo, i quali chiamavano cannoni, e usando palle di ferro, dove prima di pietra e senza comparazione più grosse e di peso gravissimo s'usavano, gli conducevano in sulle carrette, tirate non da buoi, come in Italia si costumava, ma da cavalli, con agilità tale d'uomini e di instrumenti deputati a questo servigio che quasi sempre al pari degli eserciti camminavano, e condotte alle muraglie erano piantate con prestezza incredibile; e interponendosi dall'un colpo all'altro piccolissimo intervallo di tempo, sì spesso e con impeto sì veemente percotevano che quello che prima in Italia fare in molti giorni si soleva, da loro in pochissime ore si faceva..."[32]

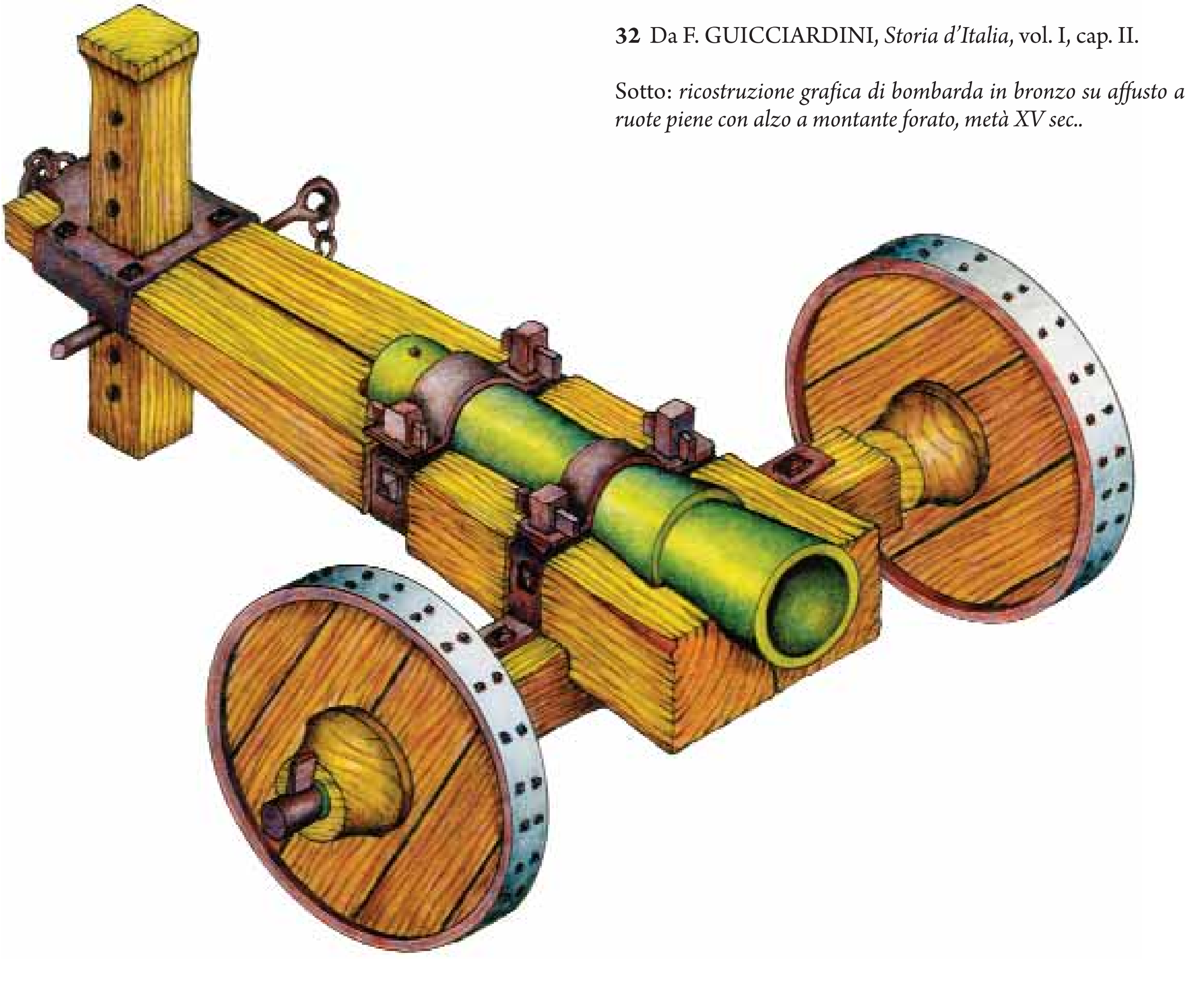
Più in dettaglio scriveva Paolo Jovius, in merito a quelle artiglierie:

"*Ma soprattutto diedero gran meraviglia a ognuno più che trentasei artiglierie su carrette, le quali con incredibile prestezza, erano tirate da cavalli per luoghi piani e diseguali: le maggiori di esse, lunghe otto piedi e pesanti seimila libbre di bronzo, si chiamavano cannoni, le quali tiravano palle di ferro grandi quanto una testa d'uomo. Poi erano le colu-*

31 Cfr. M. HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa*, Bari 1978, p. 38.

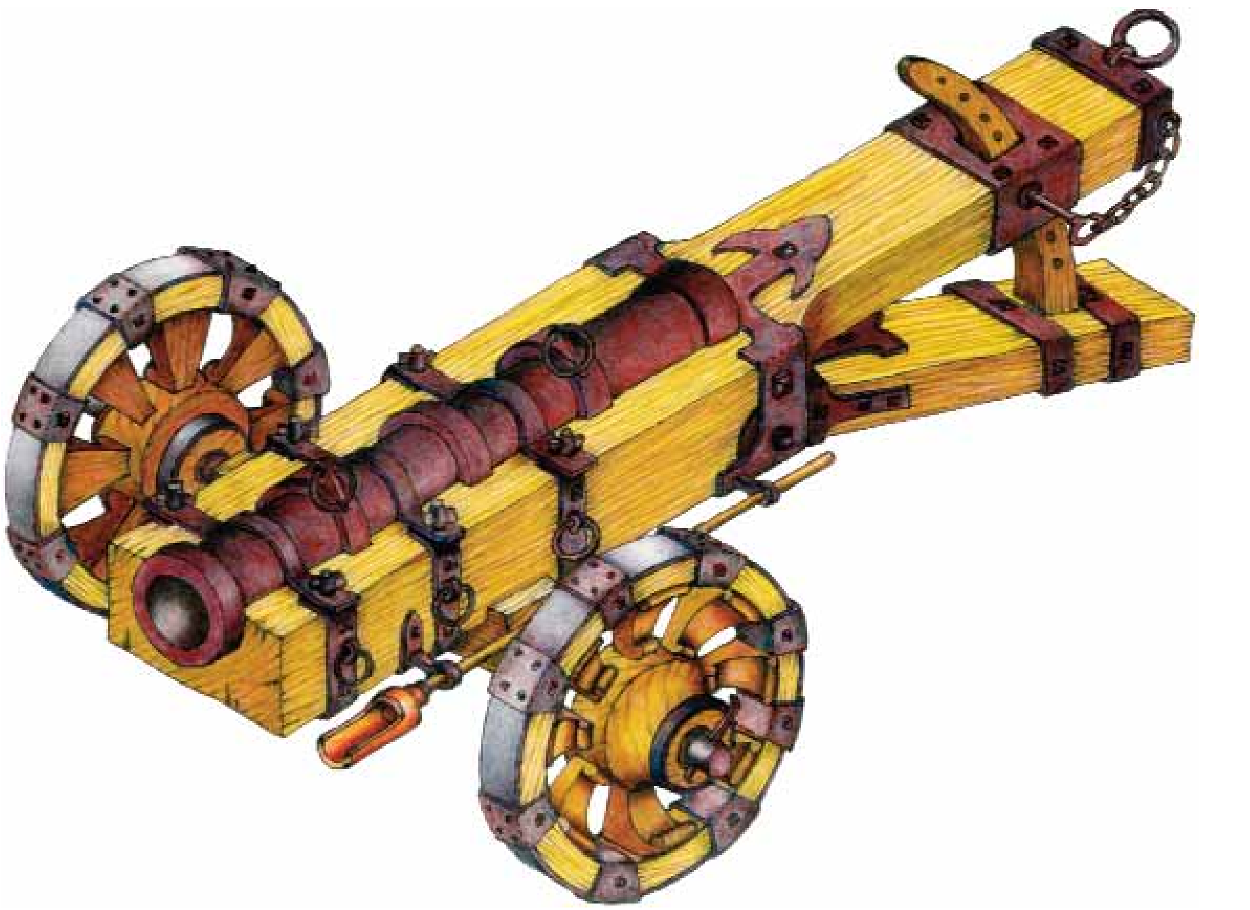
32 Da F. GUICCIARDINI, *Storia d'Italia*, vol. I, cap. II.

Sotto: *ricostruzione grafica di bombarda in bronzo su affusto a ruote piene con alzo a montante forato, metà XV sec..*



Miniatura della Scuola di Rouen (sec. XVI) raffigurante i Borgognoni all'assalto di Beauvais. Tratta dalle Memoires de Philippe de Commines conservate a Nantes, al Palais Dobrée.

Scena di assedio tardo-medievale: in primo piano delle bombarde trasportate su carrette con le relative palle di pietra; in alto, sugli spalti, arcieri e balestrieri. Da un manoscritto inglese del XV sec..



brine, più lunghe della metà ma più strette di canna e di minor palla. Seguivano i falconi di proporzioni varie,di cui i più piccoli scagliavano palle grosse come una arancia. Tutti questi pezzi erano inseriti in due grosse assi con le fibbie tiratevi sopra, e sospese con le loro anse in modo che, per dirigere i colpi, ruotavano intorno all'asse. I piccoli avevano sotto due ruote e i grossi quattro, delle quali quelle di dietro si potevano levare e mettere per affrettare o rallentare la corsa; e i maestri carrettieri li facevano correre con tanta rapidità che i cavalli postivi sotto,incitati dalle sferze e dalle grida,nei luoghi piani tenevano lo stesso passo dei cavalli liberi..."[33]

L'improvviso ed inaspettato salto tecnologico prodotto dal debutto di quei cannoni insisteva su queste innovazioni:

A - Innanzitutto il sistema di fusione con nocciolo centrale fu abbandonato, per l'eccessiva approssimazione di coassialità fra le pareti interne ed esterne dei cannoni e le conseguenti imprecisioni di punteria. A partire dalla seconda metà del XV secolo, si iniziò a colare il bronzo in forme prive di nocciolo, per cui l'anima si ricavava per trapanazione mediante apposite alesatrici idrauliche. In breve il procedimento si estese a tutte le artiglierie.

B - Grazie alla precisa trapanatura la tolleranza fra proietto e anima poteva di conseguenza ridursi, avviando l'utilizzo di palle di ferro regolari prodotte per fusione. Il loro impiego generalizzato anticipa di poco la calata di Carlo VIII del 1494.

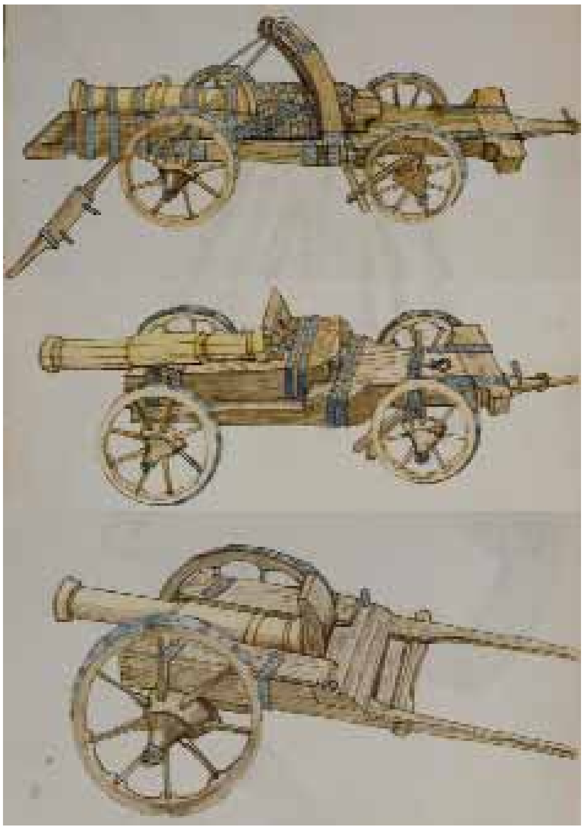
C - Con l'introduzione della palla di ferro si ebbe anche la standardizzazione dei calibri.

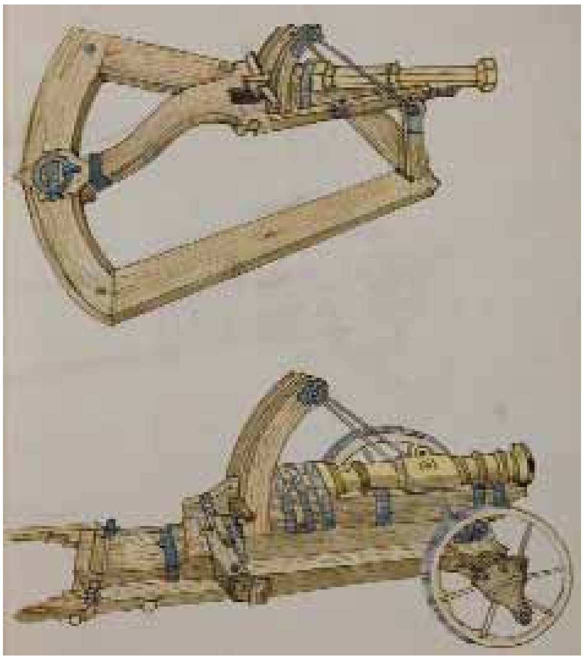
D - Grazie sempre alla palla di ferro, la violenza del tiro si accrebbe esponenzialmente, non correndosi più il rischio che incrementandosi la quantità di polvere la palla si fracassasse all'interno del cannone. Ovviamente anche il cannone subì una vistosa mutazione per resistere alle maggiorate sollecitazioni, assumendo la configurazione rastremata che non avrebbero più mutato.

E - Con le palle di ferro l'energie cinetiche d'impatto, essendo funzione della massa e della velocità, crebbero in maniera esponenziale provocando perciò distruzioni enormi: cannoni di piccole dimen-

33 Da P. IOVIUS, *Historiae*, vol. I, pp. 24-25.

In alto: *ricostruzione grafica di bombarda in ferro cerchiato su affusto ruotato della seconda metà del XV sec..*





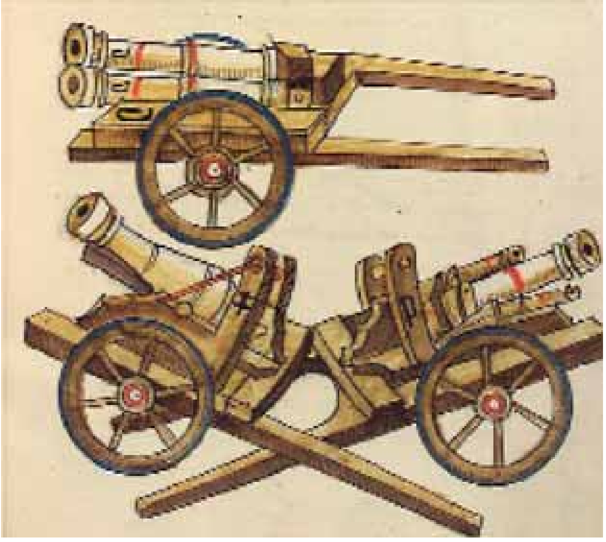
Sopra e a fianco: *Philipp Monch, Kriegsbuch, 1496, Pal. Germ. 126, Biblioteca dell'Università di Heidelberg.*
In basso: *cannone del XV-XVI sec., con orecchioni, volata rastremata e gioia di bocca, secondo la concezione delle nuove artiglierie francesi.*

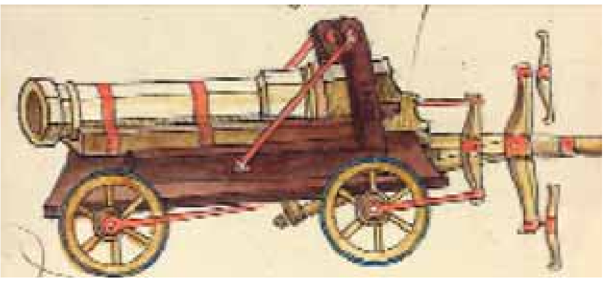
sioni producevano gli stessi danni delle bombarde tre volte più grandi, spostandosi facilmente e costando molto di meno.

F - Contribuì a quel risultato anche l'adozione degli *orecchioni*, i corti supporti trasversali fusi col pezzo, che ne permettevano il bascolamento ed un più razionale incavalcamento sull'affusto. La rotazione della canna nel piano verticale, o *alzo*, consente di variare la gittata del cannone, da quella minima con angolo di 0° a quella massima teorica con angolo di 45°, senza inclinare l'intera imbracatura a cui altrimenti stava avvinta. Uno splendido esempio del basilare perfezionamento può ravvisarsi nei cannoni gettati da Sigismondo Alberghetti per la Repubblica di Venezia.

G - Tra i perfezionamenti rilevanti vi furono pure gli affusti, dipendendo dagli stessi sia la mobilità dei pezzi sia la messa in batteria. Con l'introduzione di quelli a ruote per cannoni con orecchioni, due robuste travi, *assoni*, distanziate d'alcune traverse, *calastrelli*, si risolveva il problema del trasporto lento, e oneroso, e si poteva aprire il fuoco in qualsiasi istante. L'incavalcamento avveniva collocando gli orecchioni sugli alloggiamenti ferrati, *orecchioniere*, ricavati sopra gli assoni. Per la preponderanza del peso in culatta, con l'affusto su terreno discretamente piano, il cannone si adagiava subito con una linea di tiro approssimativamente orizzontale, da richiedere per entrare in azione soltanto una minima correzione di alzo. Normalmente l'affusto montava due ruote, per i calibri piccoli e medi, quattro per i maggiori, con un avantreno che si aggiungeva durante gli spostamenti.

Esaltatesi a dismisura le potenzialità demolitrici dell'artiglieria d'assedio per le accennate migliorie, che non a caso fecero definire il cannone *macchina a combustione interna per demolizioni a distanza*, nessuna fortificazione esistente fu più in grado di sostenerne l'offesa. Le splendide bombarde del Martini, di appena pochi anni prima, apparivano ormai anacronistici pezzi da museo. Più arcaiche ancora quelle di Leonardo, completamente avulse dai nuovi criteri innanzi ricordati, echi di vacue reminiscenze. In realtà l'epoca



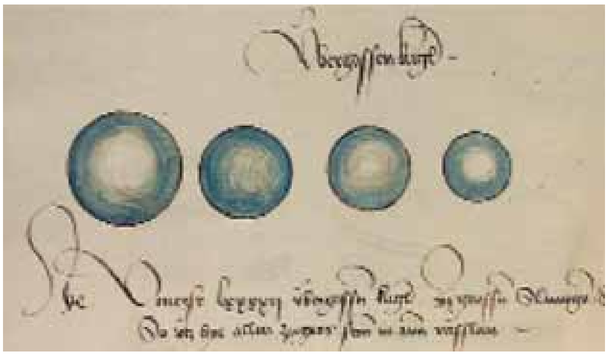


della rozza bombarda si era ormai conclusa, e con essa quella dei castelli che si sbriciolavano con poche ore di cannoneggiamento. Ma si era conclusa, soprattutto, la lunga età medievale, avvicendata da quella moderna della quale il cannone ne sarebbe stato la cupa voce.

I cannoni alla francese

L'insieme dei perfezionamenti descritti si ritrova nelle artiglierie di Carlo VIII che, come presumibile, al loro primo apparire nel 1494 sollevarono la generale costernazione. L'epoca della generica bombarda era a quel punto terminata, mentre iniziava quella del cannone, subito diversificatosi in relazione agli ambiti d'impiego. Le palle di ferro, imponendo la razionalizzazione e la limitazione dei calibri, avevano favorito tale specializzazione. Nell'arco di una cinquantina di anni tutte le artiglierie furono suddivise dai trattisti in tre ampi generi. In realtà, però, la stessa suddivisione, sia pure in maniera meno rigida e convenzionale, sembra già in auge verso la fine del XV secolo, quando ancora si usava designare i pezzi con nomi di animali, per lo più uccelli rapaci o serpenti velenosi, per meglio sottolinearne la rapidissima letalità.

A fianco: *bombarde e cannoni su affusti a carretta di tipo tradizionale, della fine del XV sec., da Ulrich Bessnitzer, Zeughausinventar, 1489, Biblioteca dell'Università di Heidelberg.*
Sopra: *ritratto di Carlo VIII con la moglie Anna di Britannia.*
Sotto: *rappresentazione di barili di polvere, da Ulrich Bessnitzer.*



Sopra: *rappresentazione dei nuovi calibri unificati per le palle di ferro dei cannoni, da Ulrich Bessnitzer, Zeughausinventar.*
Sotto: *cannoni del XVI-XVII sec. realizzati secondo la nuova concezione delle artiglierie francesi di Carlo VIII, comparse per la prima volta nel 1494 durante la calata in Italia.*
In basso, a destra: *grosso mortaio da assedio del XVI-XVII sec. munito di orecchioni.*

Nel primo genere ricordato dalla trattatistica coeva, come delle *colubrine*, rientravano tutti i cannoni a grande rapporto tra lunghezza dell'anima e diametro della palla, modulo dimensionale del pezzo, inesattamente detto calibro. Generalizzatosi l'impiego dei proietti sferici di ferro, infatti, il calibro espresso in libbre, mediamente 336 g cadauna, corrispondeva al diametro della palla che aveva quel peso. Appartenevano al primo genere anche i cannoni di piccolo calibro, quali il *sagro* da 8, il *mezzosagro* da 4, il *falcone* da 6, il *falconetto* da 3, lo *smeriglio* da 2 e da ultimo il *moschetto* da 1, nome che designava la più minuscola artiglieria affustata.[34] Bisogna aggiungere che questi pezzi vantavano un rapporto lunghezza/diametro dell'anima superiore a quello delle colubrine propriamente dette, di calibro compreso fra le 24 e 50 libbre, e spessori di bronzo surdimensionati. Il loro peso può essere stimato, stando agli esemplari pervenutici, intorno alle 220-250 volte quello della palla, a 380-450 per i prolungati e rinforzati, altrimenti definiti *con ricchezza di metallo*.

Nel secondo genere erano solitamente inclusi i cannoni d'assedio e da fortezza, di calibro cioè fra le 50 e le 120 libbre, artiglierie specializzate nelle demolizioni di mura, o nella difesa delle piazzeforti, in ogni caso dotate di minore mobilità.

Infine, nel terzo genere s'includevano i cosiddetti cannoni petrieri ed i mortai. Dei primi, e del loro ruolo sulle fortificazioni abbiamo già trattato. Dei secondi è sufficiente ricordare che consistevano in

34 Cfr.F. RUSSO, *Affustamento di due pezzi da sedici, rinvenuti nella fortezza di Carlo V di Capua, destinati alle Artiglierie della frontiera marittima del Regno di Napoli*, Lecce 1995, pp. 40-46.

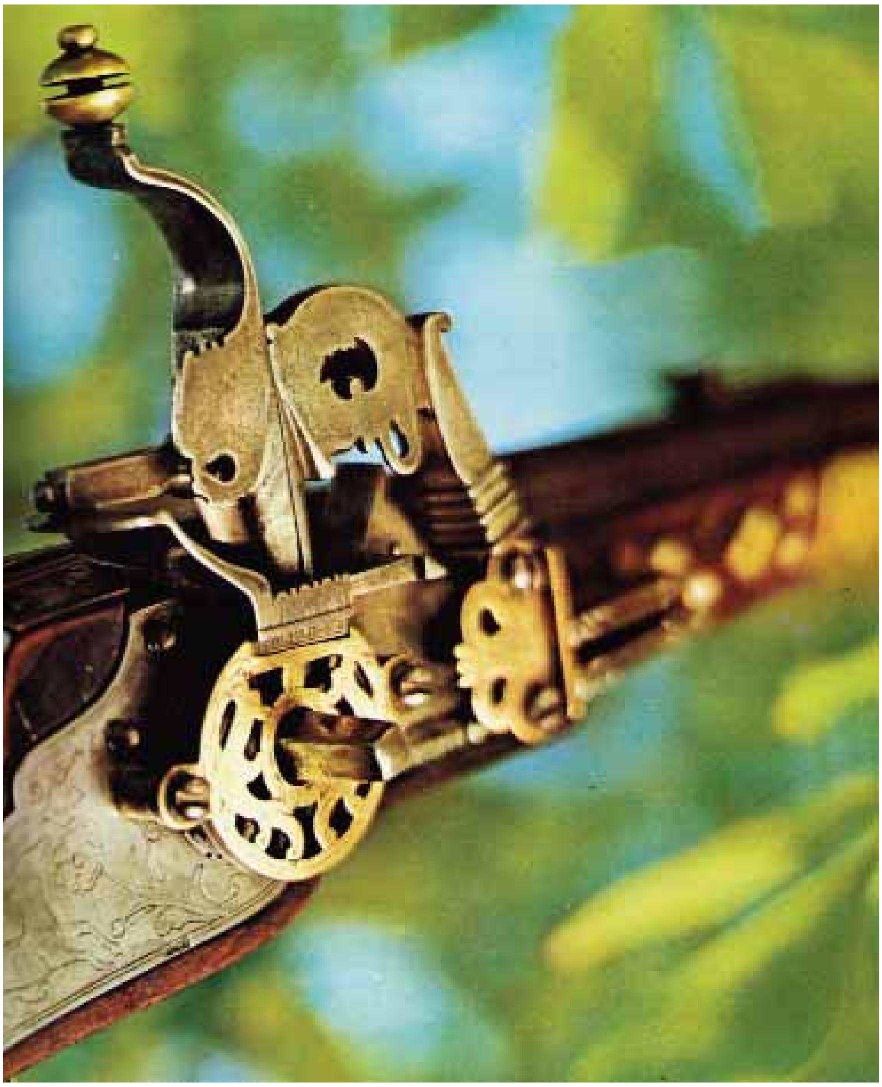
pezzi ad anima cortissima, di enorme calibro, capaci di scagliare, con parabole fortemente arcuate, palle gigantesche e, dalla seconda metà del XVI secolo, anche esplosive[35]: validissimi, quindi, negli assedi per il bombardamento al di là delle mura.

L'acciarino a ruota

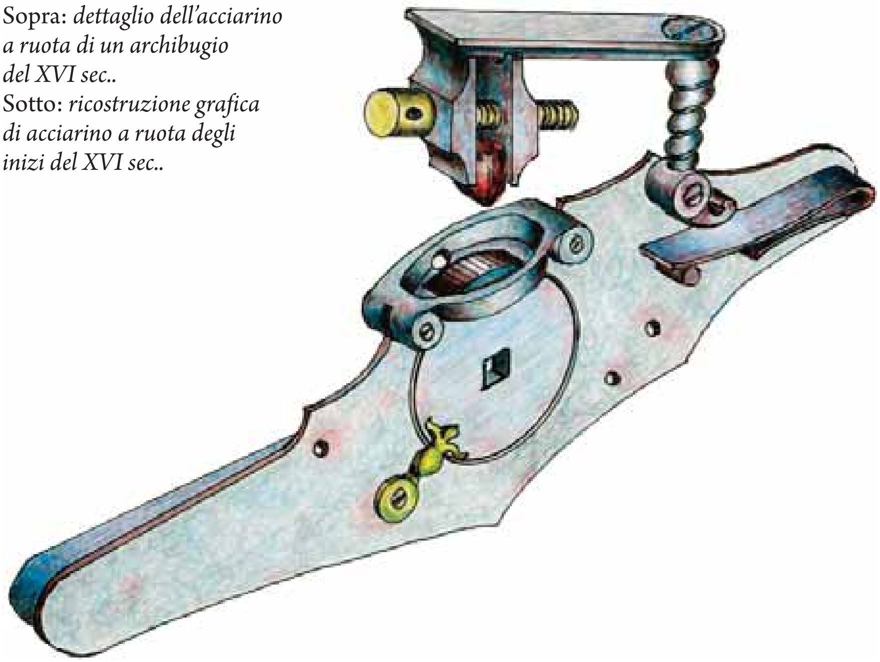
L'adozione di una miccia, portata a lambire la polvere sul focone mediante un listello imperniato al centro e fatto ruotare dalla mano destra, rappresentò una notevole miglioria per lo sparo delle armi da fuoco individuali. Intorno alla metà del XV secolo, quel sistema di accensione delle suddette armi fu perfezionato praticando il focone non più sulla parte superiore della canna, ma alla sua destra, fissandovi immediatamente sotto un minuscolo scodellino, in cui veniva posta la polvere d'innesco. Con tale disposizione si evitava la sfiammata dinanzi agli occhi del tiratore e si liberava la linea di mira dell'arma. Al listello si apportarono lievi modifiche, più di natura artistica che funzionale: lo si foggiò a forma di serpente e nella sua bocca si serrò la miccia: dal che la sua notorietà come accensione a *serpentina*.[36] Il serpente in seguito assunse le fattezze della testa di

35 Cfr. G. MARTENA, *Flagello militare*, Napoli 1676, pp. 2- 108.
36 Cfr. S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio al Kalashnikov*, Trento 1992, pp. 20-37.

In alto: *ricostruzione grafica di archibugio a serpentina con focone superiore.*
A fianco, sopra: *dettaglio di un archibugio a serpentina con scodellino laterale.*
A fianco: *miniatura tardo medievale raffigurante un armaiolo.*

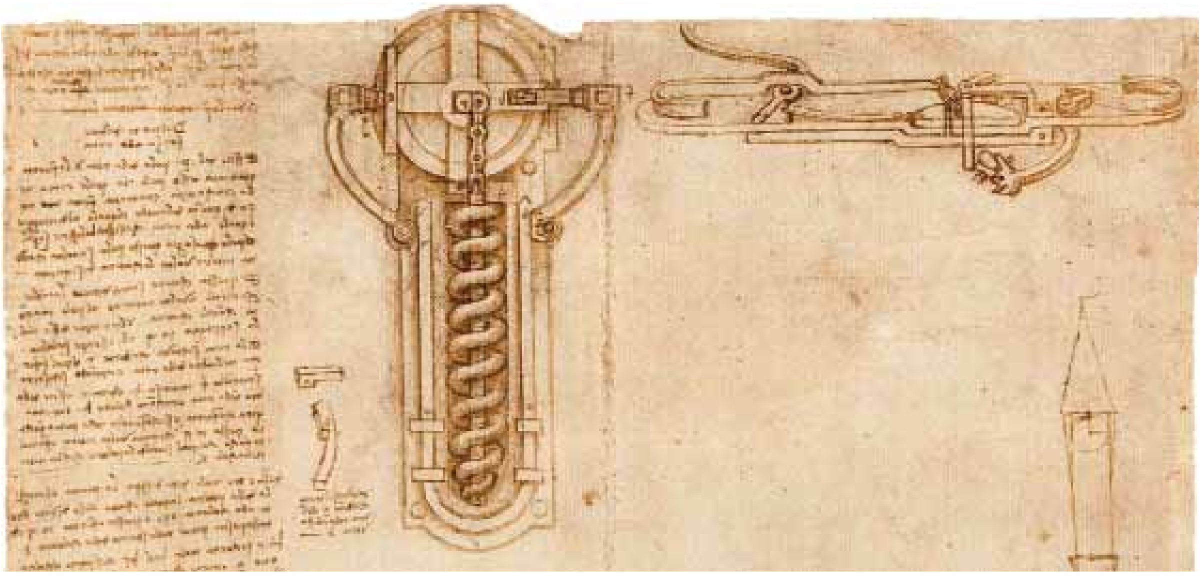


Sopra: *dettaglio dell'acciarino a ruota di un archibugio del XVI sec..*
Sotto: *ricostruzione grafica di acciarino a ruota degli inizi del XVI sec..*



un cane, e il congegno ne mutuò il nome che da allora non cambiò più. Occorreva escogitare però una procedura che evitasse la contemporanea presenza di fuoco e polvere: del primo, infatti, sarebbe bastata una semplice scintilla e della seconda un'esposizione istantanea, proprio al suo scoccare! Risapendosi delle scintille emesse da una lama affilata su un disco rotante di smeriglio, si miniaturizzò il fenomeno in un congegno automatico, l'*acciarino a ruota*, evento collocato a Norimberga nel 1517. In realtà una serie di riscontri portano ad anticiparne il debutto: già nel 1513, infatti, fu proibito da Alfonso I d'Este e prima ancora compare nel foglio 56 del Codice Atlantico, lasciando motivatamente concludere che i suoi archetipi siano stati realizzati negli ultimi decenni del '400.

L'acciarino a ruota si componeva di una piastra metallica, detta *cartella*, sormontata da uno scodellino, forato sul fondo, esponendo così il bordo di una piccola ruota zigrinata, di circa 4-5 cm di diametro. La ruota era fatta girare da una molla, caricata in precedenza, liberata dall'azionamento del cane, nella cui bocca fu ammorzata una scheggia di pirite, che spinto energicamente da una seconda molla, battendo sul bordo della ruota emetteva scintille, incendiando così la polvere

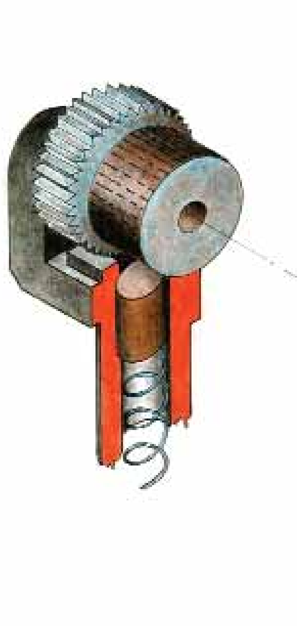


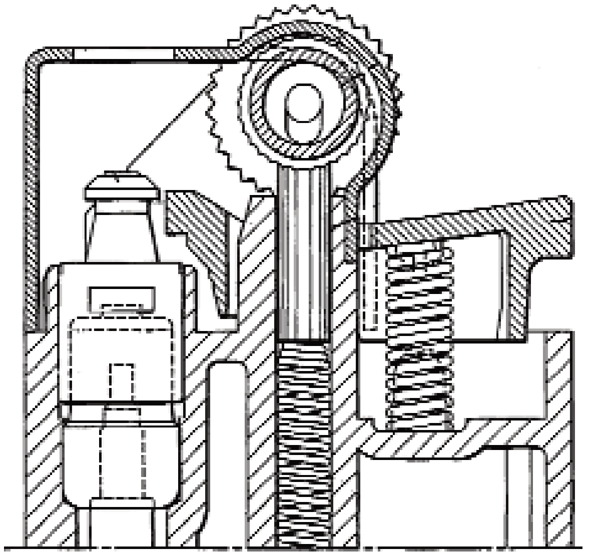
nello scodellino.[37] Ad un congegno siffatto sembrano riferirsi i disegni di Leonardo menzionati, datati alla fine del XV secolo, già reputati una sua ennesima invenzione, ma per altri studiosi, piuttosto, una sua ennesima raffigurazione di un meccanismo già esistente.

Tra le novità che l'acciarino leonardesco presenta vi è l'adozione di un'unica molla, di tipo elicoidale, per far girare la ruota, trascinata da una catena *Galle*, e per produrre lo sfregamento della pietra sulla sua corona. Aboliti il cane, la doppia molla e reso continuo, l'acciarino divenne così non solo razionale ma anche incredibilmente moderno, essendo in sostanza simile, fatte le debite proporzioni, a quello usato nei

37 Cfr. S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio...*, cit., pp. 38-52.

In alto: *Leonardo da Vinci, Codice Atlantico fol. 158r, disegno dell'accciarino a ruota realizzato intorno al 1490.*
Sotto: *spaccati, assonometria e foto dell'ultimo modello di acciarino a ruota e del suo impiego in un odierno accendino.*





nostri accendini usa e getta. Ovviamente, non essendoci in loro la necessità del movimento automatico, la rotazione della ruota è prodotta col pollice, provvedendo la molla elicoidale a mantenere premuta contro la sua corona la *pietrina*, odierna pietra focaia.[38]

Quanto all'acciarino a ruota se ne ebbe una notevole diffusione in Europa già intorno al 1530, a cui seguirono ulteriori perfezionamenti, che portarono all'eliminazione della ruota, bastando la semplice percussione del cane su di una piastrina di acciaio zigrinato per provocare la scintilla e la scopertura dello scodellino sottostante.

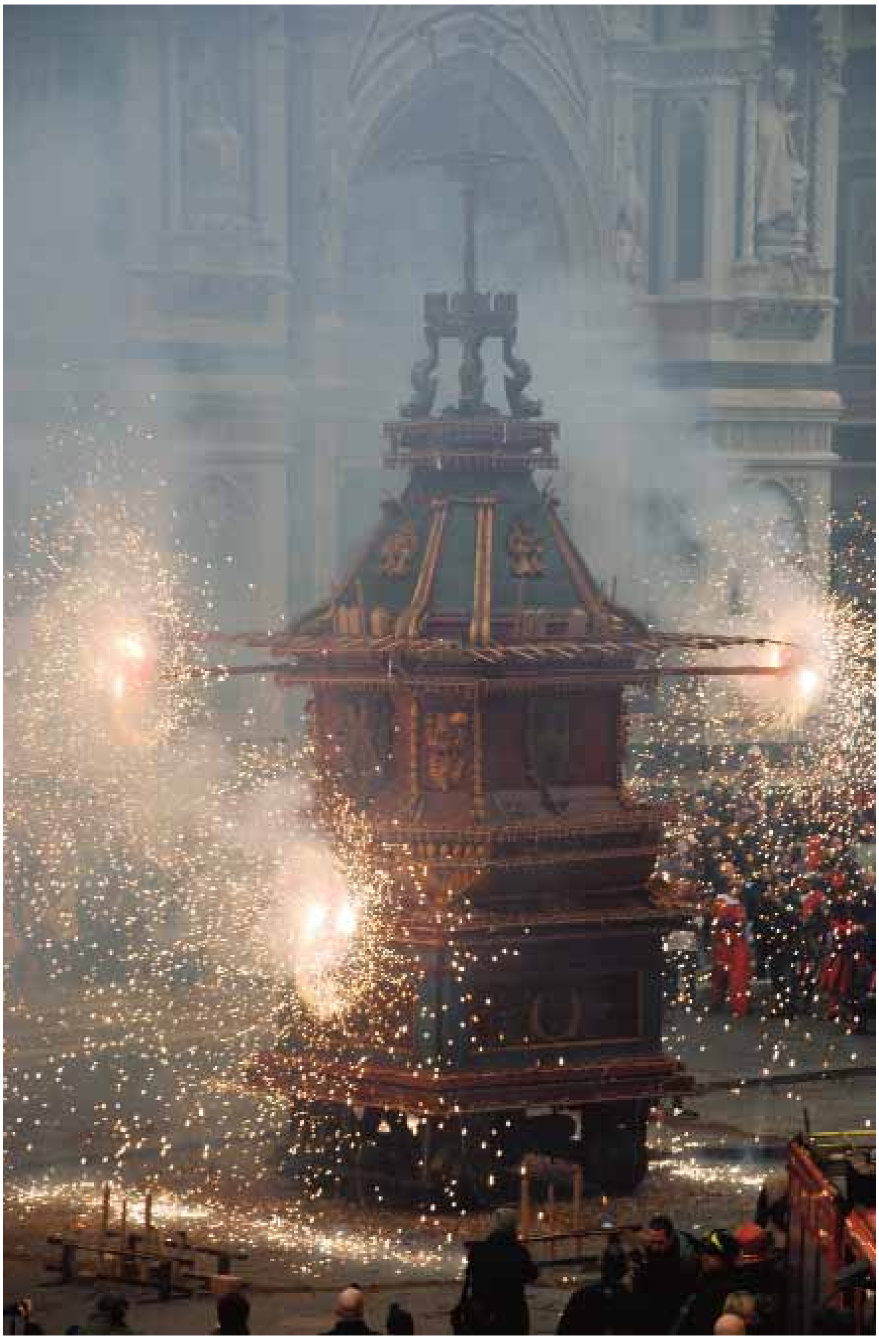
38 Cfr. F. RUSSO, *La scintilla divina,* in Rivista Militare, gennaio-febbraio 1997.

I razzi

Il poeta Claudio Claudiano (370-405), accenna a spettacoli pirotecnici negli anfiteatri con questi versi:"*i fuochi volanti, che per loro natura non possono fermarsi, sicuri e senza arrecare alcun danno partono dalle pacifiche torri."*[39] Sensato ravvisare nei *fuochi volanti* razzi lanciati da alte strutture lignee, simili al *Brindellone* che dal XV secolo è fatto esplodere dinanzi a Santa Maria del Fiore, con mortaretti, girandole e lanci di *cartocci da volare*, fatti funzionare sempre da polvere pirica. Con il VII secolo e la comparsa del *fuoco greco* si ha la certezza, per la presenza tra le sue componenti di zolfo, polvere di carbone e salnitro, dell'embrionale esistenza della polvere pirica.

39 Da CLAUDIO CLAUDIANO, *Panegyricus Dictus Mallio Theodoro Consuli.*

Sopra: *piastra a scatto con pietra focaia, XVI sec..*
Sotto: *miniature tardo-medievali con armaioli che costruiscono acciarino a ruota.*



molto più orribili di quelli operati dalla natura, giacché una piccola quantità acconciamente preparata e del volume di un pollice rumoreggia e lampeggia in modo straordinario."[40]

La precauzione di nascondere in una sorta di anagramma le componenti delle polvere pirica già a quell'epoca, la metà del XIII secolo, risultava inutile non essendo un segreto, facendosene da anni mortaretti e tracchi, in cartocci di pergamena ripiegati più volte. La vera novità stava nell'abbondanza del salnitro, per noi nitrato di potassio e nitro o sale di pietra per i Romani, efflorescenza raccolta sui muri umidi. Trattandosi di un agente fortemente ossidante, garantendo al miscuglio la perfetta combustione in ogni contesto ambientale, gli consentiva pure di bruciare sott'acqua. Con Bacone, quindi, debuttò la Miscuglio che costipato in una canna, se acceso l'avrebbe fatta volare con l'inconfondibile stridio.

40 Da RUGGERO BACONE, *De secretis Operibus Artis et Naturae et de Nullitatae Magiae.*

A fianco: *l'esplosione del cosiddetto* Brindellone *a Firenze.*
Sotto: *artigliere cinese del XV sec. intento a lanciare un razzo.*

Per molti storici, i Cinesi furono i primi a costruire siffatti ordigni e a servirsene nei combattimenti, stabilizzandone il volo con una lunga bacchetta posteriore. Il che non esclude l'autonoma invenzione anche in Occidente e di razzi, del resto, a partire dal XIII secolo se ne trova confusa menzione negli scritti d'alcuni alchimisti. Il più noto fra questi è il già menzionato frate Ruggero Bacone che scriveva nel 1249:

"*Esservi miracoli che pur sono effetti naturali, perciocché si possono generare tuoni e lampi in aria*

poni polvere a beneplacito nella canna da volare o da far tuono. Nota che la canna da volare deve essere sottile e lunga e piena della detta polvere bene bene calcata... Nota che la canna da volare può avere più o meno rivolgimenti intorno ad arbitrio..."[41]

Dalla metà del XIII secolo quei razzi non costituivano più un portento per nessuno, essendo da decenni impiegati negli investimenti ossidionali, come nelle guerre in Toscana forse già dal 1230. Ulteriori notizie sui razzi, se non più attendibili certo più dettagliate, sono relative al 1379, allorquando i Padovani ne lanciarono un gran numero contro la città di Mestre. I Cinesi, i primi ad averne avviato l'uso bellico, sul finire del '400 dispongono di lanciarazzi su affusti ruotati, in tutto simili concettualmente alla *Katiusha* sovietica o al *Nebelwerfer* germanico dell'ultima guerra. In linea di massima un razzo a combustibile solido è costituito da un bossolo, fungente da serbatoio, camera di combustione e ugello di scarico. Combustibile per antonomasia la polvere nera a lenta combustione, peculiarità che ne frustrava l'istantanea esplosione, ed essendo bassa la pressione sviluppata, si poteva costruire il bossolo con cilindri di bambù, di cartone o di latta. La sua piccola camera di combustione, collegata all'ugello

polvere pirica, ma non per questo sembra recepita la sua energia propulsiva. Per averne i primi riscontri si deve scorrere il trattato di Marco Greco, personaggio misterioso vissuto fra l'ottavo ed il quattordicesimo secolo: improbo perciò assodare se quanto asserisce sia una rielaborazione di Bacone o, non piuttosto, il contrario! Di certo si dilunga a descrivere rudimentali razzi, che definisce anche lui *fuoco volatile*, dei quali espone diversi metodi di costruzione. Uno in particolare recitava:

"*Prendi libbre 1 di zolfo vivo, 2 di carbone di tiglio (ossia di ciliegio), libbre 6 di sale petroso* [salnitro], *trita tutto minutamente in pietra di marmo, quindi ri-*

41 Da MARCO GRECO, *Liber ignium*; la citazione è tratta da E. Bravetta, *L'artiglieria...*, cit., p. 37.

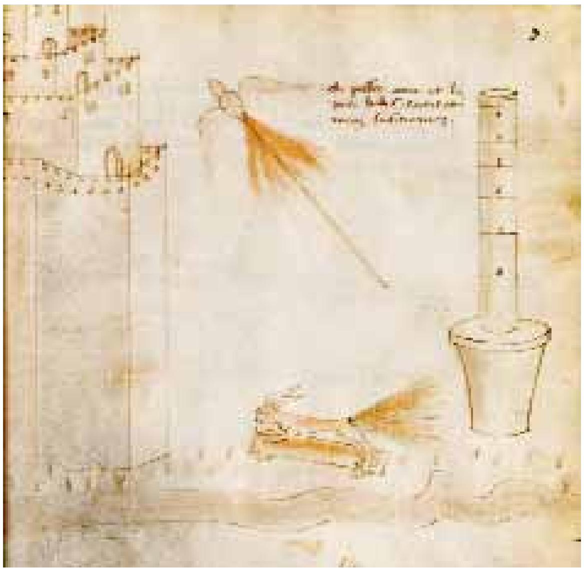
Dall'alto in basso: *ricostruzione del carretto lanciarazzi cinese dell'ultimo medioevo, in assetto statico e di lancio.*
Nella pagina a fianco: *razzi Katiusha in partenza su un lanciarazzi ZiS-6 (sopra) e un Nebelwerfer germanico, II Guerra Mondiale.*

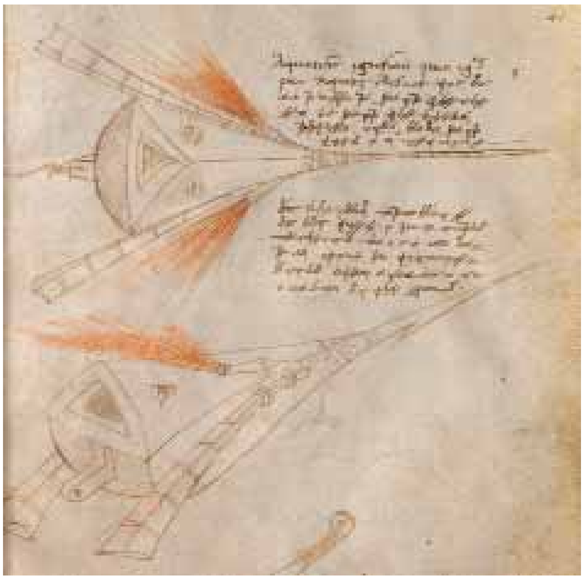
con una strozzatura, tratteneva i gas combusti e incrementandone la pressione, ne provocava la violenta emissione. Fuoriuscivano, infatti, con velocità tra i 1500 ed i 2200 m/sec, provocando per reazione il volo, presto stabilizzato da governali, simili agli impennaggi dei dardi, o da una lunga bacchetta posteriore, ancora impiegata.[42] Da allora il lancio di razzi bellici non cessò più, ed essendone facilmente recepibile la spinta propulsiva, se ne immaginò l'adozione nei veicoli terrestri.

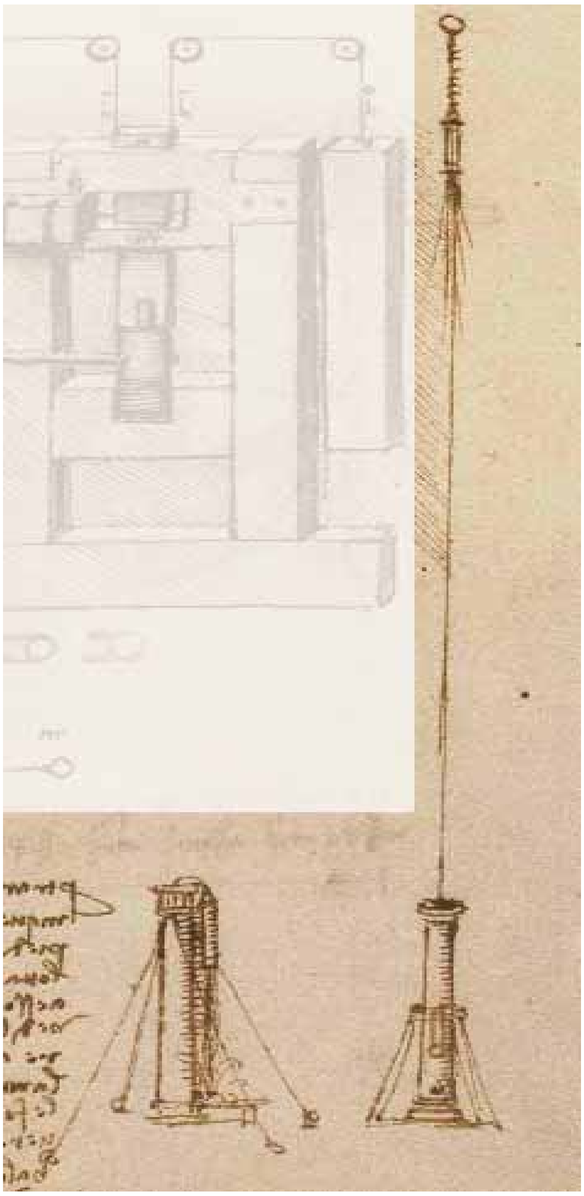
Nei disegni di ingegneri del XV secolo, fra i quali anche Leonardo, si scorgono, infatti, razzi applicati alle ruote dei carri o direttamente agli stessi, o a in-

42 Cfr. E. RICCI, *Il segreto della propulsione a reazione,* Milano 1945, pp. 41-82.

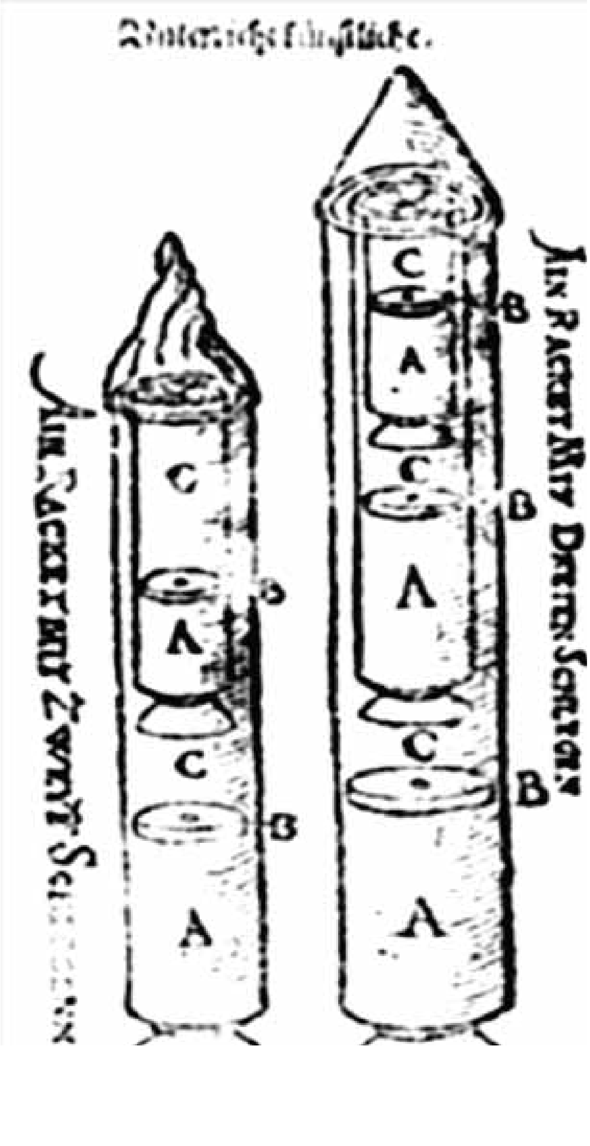
In questa pagina: *raffigurazione di razzi in Kyeser (sopra, a destra) Leonardo (sotto, a destra) e Johannes Fontana (sotto).*



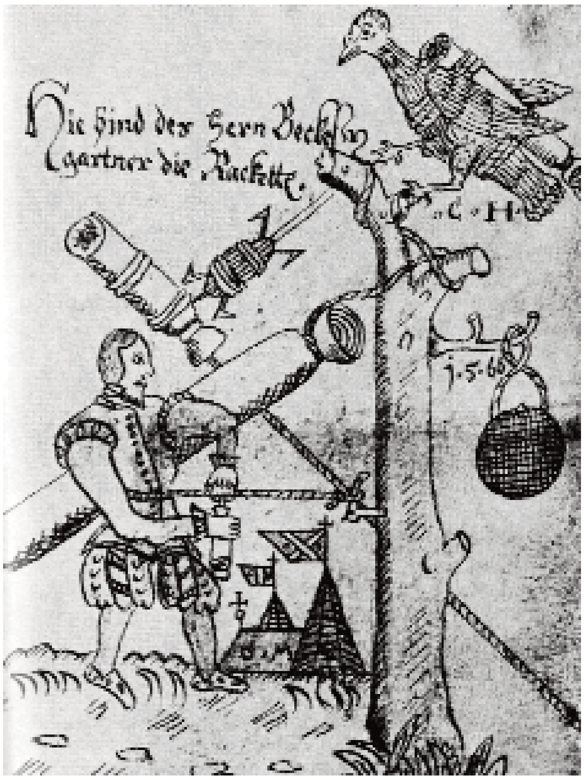


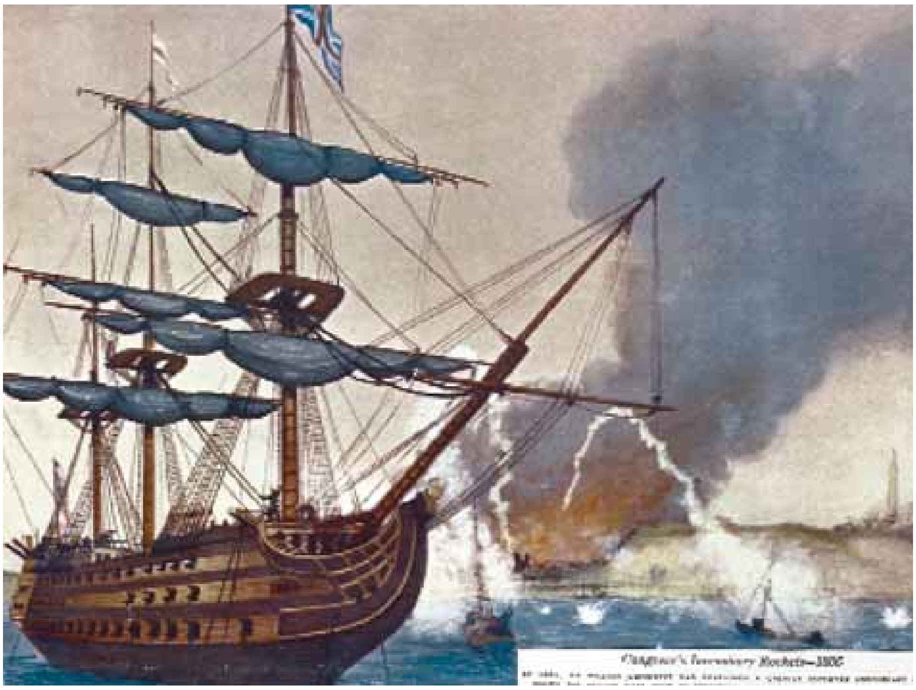


genue navicelle aeree, e non mancò chi ci lasciò la pelle nel provarle! Pochi anni dopo, e con maggior cautela, s'iniziarono seri esperimenti prodromici per il distacco dalla terra, con razzi d'avanzata concezione. La riscoperta di queste fondamentali tappe, nella corsa verso lo spazio, è del professor Todericiu, dell'Università di Bucarest. Nel 1961 rinvenne nell'antica biblioteca di Sibiu un manoscritto di Conrad Haas (1509-1576), un ingegnere militare austriaco al servizio dell'Imperatore Ferdinando I ed attivo nella difesa di Vienna assediata dai Turchi. In esso esponeva i suoi studi e le sue esperienze in materia, corredandoli con grafici e con testimonianze. Si apprese solo allora che nel 1529, mentre a Firenze Michelangelo tentava di proteggere con le balle di lana il campanile di S. Miniato dalle palle delle artiglierie imperiali, nella città di Sibiu, in Romania, un razzo a due stadi di Haas si era sollevato da terra, dinanzi ad una folla di spettatori sbalorditi. Un paio di decenni dopo, per l'esattezza nel 1555, sempre Haas progetta e costruisce un nuovo razzo, questa volta a tre stadi: consta di un tubo metallico sormontato da



Sopra e in basso a sinistra: *il razzo a tre e due stadi di Conrad Haas ad accensione automatica con ogiva conica cava.*
Sotto: *variazioni fantasiose sull'impiego dei razzi negli schizzi di Haas; ben evidente la conformazione del razzo con un ugello di scarico molto simile a quella degli attuali missili.*





un'ogiva conica, al cui interno sono collocati, uno sopra l'altro, tre grossi endoreattori, terminanti in tre ugelli gasdinamici.[43] Il loro diametro è decrescente dal basso verso l'alto, di modo che ciascuno di essi, esaurita la combustione, possa venire espulso insieme alla sezione di tubo ormai superflua. Ed essendo la spinta necessaria all'ascesa sempre minore via via che la carica si consuma, i tre razzi oltre ad essere di diametro decrescente lo sono anche, e sensibilmente, di volume.

L'alimentazione adottata era ancora a polvere pirica ma, nei futuri perfezionamenti era prevista una miscela liquida a base d'acetato di etile, ricavato dall'alcool etilico, di ammoniaca, ricavata dalle urine, d'acido acetico, normale aceto e di altri componenti ancora, come si ricava dai suoi appunti. Razzi talmente avanzati da risultare più evoluti di quelli usati nelle guerre del XIX secolo, in particolare dei famosi Congreve di circa 15 kg, utilizzati in più circostanze dalla flotta e dall'esercito inglese.

Anche il secondo grande razzo a tre stadi lanciato nel cielo di Sibiu, al cospetto di un pubblico maggiore, funzionò in maniera esemplare, suggerendo ad Haas di ricavare nella ogiva l'alloggiamento per una cavia, per studiare gli effetti biologici del volo ad altissima velocità. Intuibile il traguardo del volo umano, qualora fisiologicamente compatibile. Oggi sappiamo che lo era e, significativamente, proprio un grande razzo a tre stadi, il *Saturn V*, porterà sulla Luna uomini, alloggiati nell'ogiva!

43 Cfr. F. RUSSO, *Propulsori a razzo. Dal Tevere alla Luna*, in Medioevo, n° 161, giugno 2010.

In alto: *gli Inglesi utilizzano i razzi* Congreve *per attaccare la flotta di Napoleone. NASA Marshall Space Flight Center Collection.*
Sopra: *Tutta la gamma dei razzi* Congreve*, da uno schema del loro inventore, datato al 1814.*
A fianco: *cuspide di un razzo* Congreve.
Nella pagina a fianco: *il lancio del Saturno SA-1, ottobre 1967.*

Indice degli autori

A.A.V.V., *DIZIONARIO ENCICLOPEDICO ITALIANO*, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1957.
A.A.V.V., *ENCICLOPEDIA DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA*, Milano 1965.
AA.VV., *Energie hydraulique et machines élevatrices d'eau durant l'antiquitè*, Napoli 2007.
AA.VV., *La Storia. Dalla crisi del trecento all'espansione europea*, Novara 2007.
L. B. ALBERTI, *De re aedificatoria.*
L. B. ALBERTI, *L'architettura*, a cura di G. Orlandi, Verona 1966.
L. B. ALBERTI, *Ludi matematici*, Milano 1980.
ANNA COMNENA, *Alexiade.*
ARISTOTELE, *De partibus animalium.*
ARRIANO, *Anabasi di Alessandro.*
E. ARTINI, *I minerali*, Milano, rist. 1947.
R. BACONE, *De secretis Operibus Artis et Naturae et de Nullitatae Magiae.*
E. BARKER, *L'Italia e l'occidente dal 410 al 476*, in *Storia del mondo medievale*, Milano 1978.
N. H. BAYNES, *La dinastia di Velentiniano e Teodosio il Grande, in Storia del Mondo Medievale,* Milano 1978.
L. BIANCHINI, *Storia delle finanze del Regno di Napoli*, Napoli 1859.
L. BIANCHINI, *Sullo stato delle Ferriere del R egno di Napoli*, ne *Il Progresso*, Napoli 1834.
C. BLAIR, *Enciclopedia ragionata delle armi*, Verona 1979.
M. BLOCH, *La società feudale*, Torino 1972.
M. BLOCH, *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, Bari 1996.
J. BONETTO, *La guerra sotterranea. I passaggi ipogei nella poliorcetica greca e romana: fonti e archeologia*, 2009.
F. BRAUDEL, *Civiltà e imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II,* Torino 1976.
F. BRAUDEL, *Le strutture del quotidiano*, Torino 1982.
E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie dalle origini ai giorni nostri*, Milano 1919.
P. BREZZI, *La civiltà del Medioevo europeo*, Roma 1978.
G. BRUNACIO, *De cina cina seu pulvere ad febres*, Venezia 1661.
G. CAPPELLONI, *Teleferiche. Funicolari aeree*, Milano 1925.
G. CAPPELLONI, *Trasporti aerei*, Milano 1914.
F. CARLETTI, *Ragionamenti di Francesco Carletti fiorentino sopra le cose da lui vedute ne' suoi viaggi, sì dell' Indie Occidentali, e Orientali come d'altri paesi*, Firenze, 1701.
A. CASSI RAMELLI, *Castelli e fortificazioni*, Milano 1974.
L. CASTALDI, *I microscopi costruiti da Galileo*, con notizie sugli inizi del telescopio, Firenze 1942.
F. L. CASTERN, *Le origini della Prussia*, Bologna 1982.
G. V. CATULLLO, *Carme XVII.*
E. CECCHINI, *Tecnologia ed arte militare*, Roma 1997.
M. CENTANNI (a cura di), *Il romanzo di Alessandro*, II, 38, Venezia 1988.
E. CERULLI, V. L. GROTTANELLI, *La tessitura*, in *Ethnologica. L'uomo e la civiltà*, Milano 1965.
P. E. CHEVEDDEN, L. EIGENBROD, V. FOLEY, W. SOEDEL, *La più potente macchina da guerra del Medioevo*, in *Le Scienze*, n° 325, settembre 1995.
A. CHIUSANO, *Elementi di araldica*, Roma 1995.
C. M. CIPOLLA, *Vele e cannoni*, Imola 1983.
C. CLAUDIANO, *Panegyricus Dictus Mallio Theodoro Consuli.*
L. CUNSOLO, *La storia di Stilo e del suo Regio Demanio (dal sec. VII ai nostri giorni)*, Roma 1965.
G. DA VIGEVANO, *Modus acquisitionis Terrae Sanctae, Christi nomine invocato, regi Franciae intitulato*, ms. sec. XVIII in BN, Torino, G.V.9.
DE BENEDITTIS, GAGGIOTTI, MATTEINI CHIARI, *Saepinum Sepino*, Verona 1984.
G. DE FLORENTIIS, *Storia delle armi bianche*, Milano 1974.
F. M. DE ROBERTIS, *Prosperità e banditismo nella Puglia e nell'Italia Meridionale durante il Basso Impero*, in *Studi di Storia Pugliese in onore di G.Chiarelli*, Galatina 1972.

R. DE VITA, *Castelli, torri ed opere fortificate di Puglia*, Milano 1982.
P. DELL'AMICO, *Navi e archeologia. Le ancore, i rostri, le sentine e i timoni*, Roma 1999.
A. DELL'ARIA, *La campana di Bono pioniere delle immersioni*, in HDS n° 21 ottobre 2001.
A. DELLA ROCCA, *Le mura di Napoli aragonese. Porta Capuana. La loro vicenda storica*, Napoli 1978.
T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968.
M. DI BRANCO, *L'affaire Ipazia*, in *Archeo* n° 304, giugno 2010
F. DI GIORGIO MARTINI, *Trattati di architettura ingegneria e arte militare*, a cura di C.Maltese, Verona, 1967.
DIODORO SICULO, *Storia Universale.*
D. DIOTALLEVI, *Le artiglierie da fuoco nei primi secoli di utilizzo*, in *Rocche e bombarde fra Marche e Romagna nel XV secolo*, Ravenna 1995.
ENEA il TATTICO.
E. ENNEN, *Storia della città medievale*, Bari 1975.
ERODOTO, *Storie.*
ERONE, *De gli automati, overo Machine se moventi libri due*, tradotti dal greco da B. BALDI, Venezia 1589.
F. FABRI, *Evagatorium in Terrae Sanctae, Arabiae et Egypti peregrinationem*, Stuttgardiae 1843.
V. FAGLIA, *Torri costiere ed edifici rurali fortificati*, Monza 1974.
F. FARINA, B. FUNARI, *L'architettura cistercense e l'abbazia di Casamari*, Firenze 1981.
A. FAVARO, *Archimede*, II, seconda ed., Roma 1923.
E. V. FERRARIO, *Il più antico ateneo medico: la scuola salernitana*, in *Sapere*, n°626, anno XXVIII, febbraio 1962.
H. A. L. FISHER, *Storia d'Europa*, Milano 1964.
V. FOLEY, W. SOEDEL, *Antiche navi da guerra a remi*, in *Le Scienze* n°129.
R. FOLZ, A. GUILLOU, L. MUSSET, D. SOURDEL, *Origine e formazione dell'Europa medievale*, Bari 1975.
U. FORTI, *Storia della tecnica, dal Medioevo al Rinascimento*, Firenze 1957.
U. FORTI, *Storia della tecnica. Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento*, Torino 1974.
J. F. C. FULLER, *Le battaglie decisive del mondo occidentale*, rist. Roma 1988.
G. GALASSO, *L'altra Europa*, Cuneo 1982.
G. GARGANO, *La Bussola e Flavio Gioia*, Salerno 2006.
Y. GARLAN, *Guerra e società nel mondo antico*, Imola 1983.
Y. GARLAN, *Recherches de poliorcétique grecque*, Paris 1974.
G. e B. GATARI, *Cronaca carrarese confrontata con la redazione di A. Gatari (aa. 1318-1407)*, a cura di A. Medin e G. Tomei, I, Città di Castello.
F. GATTA, *L'ascoltazione nella guerra sotterranea*, in *Sapere*, n°82, Milano1938.
A. GENOVESI, *Discorso sopra il vero fine delle lettere e delle scienze*, Napoli 1766.
L. GERBELLA, *Arte mineraria*, Milano 1960.
E. GIBBON, *Storia della decadenza e caduta dell'Impero romano*, trad. G. Frizzi, Torino 1967.
B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Varese 1972.
B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985.
M. GRANT, *La città e i metalli. Storia e cultura degli Etruschi*, Bologna 1982.
F. S. GRAZIOLI, *Il generale Giuseppe Garibaldi*, rist. Roma 2007.
K. GREWE, P. KESSENER, *A stone relief of a water-powered stone saw at Hierapolis, Phrygia*, in AA.VV., *Energie hydraulique et machines élevatrices d'eau durant l'antiquitè*, Napoli 2007.
R. GROSSATESTA, *De iride seu de iride et speculo*, in L. BAUR, *Die philosophischen Werke des Robert Grossateste Bischofs von Lincoln*, Munster 1912.
V. L. GROTTARELLI, *Le armi*, in *Ethnologica, l'uomo e la civiltà*, Milano 1965.
G. GUADAGNO, *Dalla villa al castello, analisi di un fenomeno*, in *Apollo, bollettino dei musei provinciali del salernitano*, n° 6, gen-dic. 1985-88.
P. GUELFI CAMAIANI, *Dizionario Araldico*, rist. anastatica edizione 1940, Bologna 1978.
F. GUICCIARDINI, *Storia d'Italia.*
A. GUGLIELMOTTI, *Storia delle fortificazioni nella spiaggia romana*, Roma 1880.
A. GUGLIELMOTTI, *Vocabolario marino e militare*, Roma 1889.
P. HEBRARD, *Caminologie, ou traité des cheminées: contenant des observations sur les différentes causes qui font fumer les chaminées, avec des moyens pour corriger ce défut*, Dijon 1756.
F. HERR, *Il Medioevo*, Verona 1966.
M. HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa*, Bari 1978.
P. IOVIUS, *Historiae.*
P. JAMES, N. THORPE, *Il libro delle antiche invenzioni*, Milano 1994.
S. JAMES, *Excavations at Dura-Europos 1928-1937.*
A. H. M. JONES, *Il tramonto del mondo antico*, Bari 1972.

G. JONES, *I Vichinghi avventura di una civiltà*, Roma 1978.
E. KANTOROWICZ, *Federico II, Imperatore*, Milano 1976.
J. N. D. KELLY, *Vite dei papi*, Alessandria 1989.
A. KIRCHER, *Ars Magna Lucis ed Umbrae*, Roma 1646.
A. LA REGINA (a cura di), *L'arte dell'assedio di Apollodoro di Damasco*, Roma 1999.
F. C. LANE, *Le navi di Venezia fra i secoli XIII e XVI*, Torino 1983.
S. LANGE, *L'architettura delle crociate in Palestina*, Como 1965.
Y. LE BOHEC, *L'esercito romano*, Urbino 2001.
J. LE GOFF, *La civiltà dell'Occidente medievale*, Milano 1981.
F. LEONARDI, *Apicio moderno, ossia l'arte di apprestare ogni sorta di vivande*, Roma 1790.
LEONARDO da VINCI, *ms B.*
LEONE il TATTICO, *Tactica.*
E. N. LUTTWAK, *La grande strategia dell'impero romano*, 1981, Milano.
N. MACCHIAVELLI, *Istorie fiorentine*, Firenze 1532.
A. MANGONE, *L'industria nel regno di Napoli 1859-1861*, 1976.
MARCO GRECO, *Liber ignium.*
J. A. MARINO, *L'economia pastorale nel Regno di Napoli*, Napoli 1992.
E. W. MARSDEN, *Greek and roman artillery. Historical development*, rist. New York 1999.
G. MARTENA, *Flagello militare*, Napoli 1676.
J. M. MARTIN, *La vita quotidiana nell'Italia meridionale al tempo dei Normanni*, Roma 1997.
S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio al Kalashnikov*, Trento 1992.
G. MASSON, *Federico II di Svevia*, Milano 1978.
N. MASTRONARDI, *I giganti verdi. Immagini, incontri e suggestioni lungo i Tratturi molisani*, Isernia 2004.
G. MATACENA, *Architettura del lavoro in Calabria tra i secoli XV e XIX*, Ercolano 1983.
F. MAURICI, *Castelli medievali in Sicilia*, Palermo 1992.
MAURILOCO, *Photismi de et umbra ad perspectivam et radiorum indicentiam facientes*, Napoli 1611.
M. MAZZA, *Lotte sociali e restaurazione autoritaria nel III secolo d.C.*, Bari 1973.
W. H. McNEILL, *Caccia al potere. Tecnologia, armi, realtà sociale dall'anno Mille*, Varese 1984.
J. MERRIEN, *La vita di bordo nel Medioevo dai Vichinghi alle galee*, Torino 1973.
MOLLAT DU JOURDIN, *L'Europa e il mare dall'antichità a oggi*, Bari 2004.
A. MONDINI, *Storia della tecnica. Dalla Preistoria all'anno Mille*, Torino 1973.
C. MONTU', *Storia dell'artiglieria italiana*, Roma 1934.
L. A. MURATORI, *Antiquitates Italicae Medii Aevi. Dissertatione XXVI.*
G. B. OCCHIOLINI, *Memorie sopra il meraviglioso frutto americano chiamato volgarmente patata, ossia pomo di terra: con la descrizione della maniera di piantarlo, coltivarlo, del di lui vantaggio, del modo di ridurlo a farina, e a pane...*, Roma 1784.
OTTAVIANO AUGUSTO, *Res Gestae.*
N. PAONE, *Tratturi, canadas, drailles, drumurile oierilos, Molise in Europa*, Isernia 2006.
A. PARLATO, *Flavio Gioia e la bussola*, Napoli 2003.
G. PASSARO, *Giornale Historico, di Napoli et suo regno dell'anno 1189 fino al 1526.*
S. S. PATEL, *Earliest Chemical Warfare-Dura Europos, Syria*, in *Arhaeology.*
T. PEISKER, LUDWIG-SCHMID, *I popoli asiatici e Attila*, in *Storia del Mondo Medievale*, Milano 1978.
P. PEREGRINUS, *Epistula ad Sygerum de Foucaucourt, 8 agosto 1269.*
A. PERTUSI, *La caduta di Costantinopoli*, Verona 1976.
F. PETRARCA, *Utriusque Fortunae.*
P. PIERI, *Il Rinascimento e la crisi militare italiana*, Torino 1952.
H. PIRENNE, *Storia dell'Europa dalla invasioni al XVI secolo*, rist. Roma 1991.
G. PISANI SARTORIO, *Mezzi di trasporto e traffico*, Roma 1988.
G. PLINIO SECONDO, *Storia Naturale.*
PLUTARCO, *Vita di Alessandro.*
PLUTARCO, *Vite parallele.*
POLIBIO, *Le storie.*
G. PORCARO, *Le porte di Napoli, Napoli 1970.*
R. A. PRESTON, S. F. WISE, *Storia sociale della guerra*, Verona 1973.
G. QUATTROCCHI, *Cristoforo Colombo. I prodotti del Nuovo Mondo*, Torino 1985.
W. REID, *La scienza delle armi, dall'età della pietra ai giorni nostri*, Milano 1979.
Y. RENOUARD, *Le città italiane dal X al XIV secolo*, Milano 1976.
E. RICCI, *Il segreto della propulsione a reazione*, Milano 1945.
C. ROSSI, M. CIGOLA, M. CECCARELLI, *Alcune tappe verso l'automazione*, in *Atti I Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria*, Napoli 8-9 marzo 2006.

S. RUFFOLO, *Gutenberg*, Milano 1989.
F. RUSSO, *A colpi di peste*, in *Medioevo*, n° 156, Gennaio 2010.
F. RUSSO, *Affustamento di due pezzi da sedici, rinvenuti nella fortezza di Carlo V di Capua, destinati alle Artiglierie della frontiera marittima del Regno di Napoli*, Lecce 1995.
F. RUSSO, *E venne il tuono*, in *Medioevo*, n°160, maggio 2010.
F. RUSSO, *Fuoco marino, tra leggenda e storia*, in *Rivista Marittima*, febbraio 2004.
F. RUSSO, *Guerra di corsa*, Roma 1997.
F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma 2005.
F. RUSSO, *Kolympha, le prime esperienze subacquee*, Napoli 2010.
F. RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane*, Roma 2004.
F. RUSSO, *La difesa costiera dello Stato dei Reali Presidi di Toscana tra il XVI ed il XIX secolo*, Roma 2002.
F. RUSSO, *La difesa delegata. Ragguaglio storico sulla difesa civile armata in Italia*, Roma 1995.
F. RUSSO, *La guerra del fuoco, in Archeo n° 300, febbraio 2010.*
F. RUSSO, *La murazione aragonese di Napoli: il limite di un'era, in Archivio Storico per le Province Napoletane*, CIII dell'intera collezione, Napoli 1985.
F. RUSSO, *La scintilla divina*, in *Rivista Militare*, gennaio-febbraio 1997.
F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*, Napoli 2009.
F. RUSSO, *Propulsori a razzo. Dal Tevere alla Luna*, in *Medioevo*, n° 161, giugno 2010.
F. RUSSO, *Sotto il segno dell'aquila. Storia dell'Esercito Romano dalla Repubblica all'Impero*, Roma 2009.
F. RUSSO, *Tormenta, venti secoli di artiglieria meccanica*, Roma 2002.
F. RUSSO, *Trenta secoli di fortificazioni in Campania*, Napoli 1999.
F. RUSSO, *Un ago e un disco per girare il mondo*, in *Medioevo* n° 164, agosto 2010.
F. RUSSO, F. RUSSO, *79 d.C. Rotta su Pompei. Indagine sulla scomparsa di un ammiraglio*, Napoli 2007.
F. RUSSO, F. RUSSO, *I fuoristrada. Dal carro dei Sumeri alla Jeep Willys*, Roma 2008.
L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Milano 2003.
C. SACHERO, *Corso di fortificazione permenente d'attacco e difesa delle piazze forti*, II ediz. Torino 1861.
M. L. SALVADORI (a cura di), *La storia. Dall'impero romano a Carlo Magno*, Novara 2007.
W. SANDERMANN, *Il primo ferro cadde dal cielo*, Bologna 1978.
L. SANTORO, *Castelli angioini e aragonesi nel regno di Napoli*, Segrate 1982.
L. SANTORO, *Le mura di Napoli*, Napoli 1984.
P. SARDI, *L'Artiglieria*, Venezia 1621.
N. SCILLACIO, *Sulle isole meridionali e del mare indico nuovamente trovate*, Pavia 1496.
G. B. SEGNI, *Discorsi sopra la carestia*, Ferrara 1591.
A. A. SETTIA, *Comuni in guerra. Armi ed eserciti nell'Italia delle città*, Bologna 1993.
A. A. SETTIA, *I carri armati di mastro Guintelmo: una tappa della tecnologia militare fra antichità e rinascimento*, in *Cultura e società nell'Italia medievale. Studi per Paolo Brezzi*, II, Roma 1988.
A. SOLMI, *I conquistatori degli oceani dai Vichinghi a Colombo e Magellano*, Novara 1984.
A. SPINOSA, *Sistemi di Trasporto a Via Guida*, Roma.
L. STERPELLONE, *Cristoforo Colombo, check-up di una scoperta*, Roma 1992.
M. TERNULLO, *Galileo, cultura scientifica e cultura umanistica*, Catania, marzo 2009.
A. TOMEI, *La tecnica nel tardo impero romano: le macchine da guerra*, in *Dialoghi di archeologia*, n.s. 4, 1982.
G. TORELLI, *Archimedis quae supersunt omnia cum Eutocii Ascalonitae commentariis*, Oxford 1792.
P. D. B. TROMBY, *Storia critico-cronologica-diplomatica del Patriarca S. Brunone e del suo ordine cartusiano*, Napoli 1755.
R. VALTURIO, *De re militari*, Verona 1483.
R. F. VEGEZIO, *Epitoma rei militaris.*
R. F. VEGEZIO, *L'arte militare*, a cura di A. ANGELINI, Roma 1984.
M. VITRUVIO POLLIONE, *De architectura.*
L. WHITE, *Kyeser's 'Bellifortis': the First Technological Tratiese of the Fifteenth Century, Technology and Culture* (1969).
A. WILLEMSEN, *Componenti della cultura federiciana nella genesi dei castelli svevi*, in R. DE VITA, *Castelli, torri ed opere fortificate di Puglia*, Milano 1982.
C. A. WILLENSEN, D. ODENTHAL, *Puglia terra dei Normanni e degli Svevi*, Bari 1978.
J. ZANORAS, *Historia*, Venezia 1560.

Indice

Presentazione 3
Prefazione archeologica 4
Prefazione tecnica 5

Introduzione 9

Gli estremi cronologici del Medioevo 16
Osservazioni tecnico-militari 21
L'inizio del Medioevo 23
Castelli e cavalieri 25
La fine del Medioevo 26

De Arte Fabrili 28

Militaria mirabilia: la mina 29
Parte Prima: Le mine, le miniere, il ferro e le armi 31
Mine implosive e mine esplosive 31
Mine e contromine 33
I geofoni 34
I fumogeni 37
La mina esplosiva 38
Miniere e ferro 39
Rotaie e ruote 42
Miniere di ferro in Italia 43
La produzione del ferro 46
Gli esoscheletri d'acciaio: le armature 47
Origine degli stemmi araldici 50
La cintura di castità 51
La balestra con arco d'acciaio 54

De Arte Carpentaria 60

Militaria mirabilia: il baloardo 61
Parte Seconda: Dal tetrapirgos al forte a quattro bastioni 63
La difesa delegata: la fortificazione civile 63
Il castello federiciano 70
Il comfort dei castelli federiciani 75
Il primo campo di concentramento etnico 77
L'architettura di transizione 79
Le mura inutili 82
La trace italienne 86
Dalle troniere alle pizzerie 91

De Arte Sartoriae 92

Militaria mirabilia: il paracadute 93
Parte Terza: Produzione di fibbre e filatura 95
Le fibbre per la tessitura 95
La lana 97
Il lino 98
Il cotone 100
La seta 101
Fustagno, denim e blu di Genova 102
L'arte della lana a Firenze 104
L'arte della seta a Firenze 105
La via della seta 107
La via della lana: la transumanza, prima industria del Mezzogiorno 110
Il bottone 122

De Arte Agricolae 124

Militaria mirabilia: la granata 125
Parte Quarta: Agricoltura, boschi e nuove piante 127
Un deserto verdeggiante 127
Un universo di legno 128
La sega idraulica per legname 131
I rendimenti della terra 132
I nuovi aratri a ruote 133
Carestie ed epidemie 134
Le seminatrici automatiche 135
La scuola medica salernitana 135
La distillazione: alcool e profumo 137
La macchina per la guerra biologica 138
Gli apporti botanici di una conquista 146
Il mais 147
La patata 148
Il cacao 148
La vaniglia 149
Il pomodoro 150
Il peperone 151
Il fagiolo 152
L'arachide 152
Il tabacco 153
La coca 154
La china 154
Il caucciù 155

De Arte Mercimoniae 156

Militaria mirabilia: cifrari e chiavi 157
Parte Quinta: Commerci, mezzi di trasporto ed invenzioni 159
La frammentazione delle strade romane 159
I carri da trasporto medievali 164
Collare di spalla 168
La ferratura dei cavalli 170
La staffa 173
I carri semoventi 175
La teleferiche 181
La stampa 188

Gli occhiali e i cannocchiali 192
La lanterna magica 195

De Arte Nautarum 196

Militaria mirabilia: Il calamo 197
Parte Sesta: Navi, strumenti nautici ed attrezzature subacquee 199
Le prigioni di legno: galere da guerra e da commercio 199
Le crociate e gli usceri 204
La navigazione d'altura ed i suoi strumenti 204
La clessidra 205
Il solcometro 206
L'astrolabio navale 207
La bussola 208
L'orologio meccanico 217
Venti secoli sotto i mari 222
Lo snorkel 223
La campana subacquea 225

De Arte Militiae 228

Militaria mirabilia: La polvere del Diavolo 229
Parte Settima: Artiglierie, razzi e pirofori 231
Il fuoco greco: il debutto della benzina 231
Il cannone a vapore 235
Tormenta tonante 240
I cannoni alla francese 251
L'acciarino a ruota 253
I razzi 256

Indice degli autori 265

Finito di stampare nel mese di Novembre del 2010
presso la tipografia Cangiano Grafica - Napoli
da ESA - Edizioni Scientifiche e Artistiche - www.edizioniesa.com
per conto della Rivista Militare

ISBN 978-88-95430-23-2

RIVISTA MILITARE